Energy, Mines and Resources Canada | Énergie, Mines et Ressources Canada

CANMET

Canada Centre for Mineral and Energy Technology | Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

SUIVI DES EXCAVATIONS DE LA ZONE 203 À LA MINE NIOBEC, RÉSULTATS DE MESURE

D. Labrie

Laboratoire Canadien de Technologie Minière

R.A. Grenier

Centre de Recherches Minérales

MARS 1988

This document is an unedited interim report prepared primarily for discussion and internal reporting purposes. It does not represent a final expression of the opinion of the Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET)

Ce document est un rapport préliminaire non revisé et rédigé principalement pour fin de discussion et de documentation interne. Il ne représente nulle-ment l'opinion définitive du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET)

MICROMEDIA

46 pp

LABORATOIRES DE RECHERCHE MINIÈRE
RAPPORT DE DIVISION MRL 88-11 (TR)

SUIVI DES EXCAVATIONS DE LA ZONE 203 À LA MINE NIOBEC, RÉSULTATS DE MESURE

D. Labrie* et R.A. Grenier**

RÉSUMÉ

Dans le cadre de l'étude de stabilité menée à la mine Niobec, le Centre de Recherches minérales (CRM) et le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) initiaient à l'été 1986 un programme de suivi des excavations. Instauré sur le niveau 850, dans le secteur de la zone 203, ce programme comportait trois (3) objectifs principaux: (1) valider les hypothèses faites sur le comportement du massif rocheux, (2) évaluer les variations de contrainte induites par le minage, et (3) vérifier les résultats prédits par le modèle numérique.

Deux (2) concepts d'instrumentation furent examinés; l'appareillage fut développé et mis en place. Un premier concept d'instrumentation concerne le suivi des contraintes à l'aide d'anneaux à corde vibrante, mis en place à l'intérieur de forages de 152 mm (6 po) de diamètre. Le second concept réside dans la mesure des convergences à la paroi des excavations, à l'aide d'un ruban de haute précision.

Ce rapport présente les diverses étapes du programme et les résultats obtenus. Dans un premier temps, on introduit le secteur visé par l'instrumentation. Les schémas d'installation des appareils et les résultats de lecture sont ensuite présentés. Les événements de sautage qui ont eu lieu dans le secteur durant la période de suivi ont été compilés; ils sont également rapportés. Quelques notes sur l'interprétation des résultats sont ajoutées en guise de conclusion.

MOTS-CLÉS: monitoring, suivi des excavations, anneau de contrainte, borne de convergence, variation de contrainte, convergence.

* Ingénieur de projet, Laboratoire canadien de technologie minière, Laboratoires de recherche minière, CANMET, Énergie, Mines et Ressources, Canada, Ottawa.

** Technicien spécialiste, Service de technologie minière, Centre de Recherches minérales, Énergie et Ressources (Québec), Québec.

MONITORING OF ZONE 203 EXCAVATIONS AT NIOBEC MINE, MEASUREMENT RESULTS

D. Labrie* and R.A. Grenier**

ABSTRACT

In the context of a stability analysis study conducted at Niobec mine, the Centre de Recherches minérales (CRM) and the Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET) initiated in the summer of 1986 a program of monitoring in 203 mine sector. Implemented on level 850, this program pursued three (3) main objectives: (1) validate some assumptions made on the behaviour of the rock mass, (2) evaluate stress changes in the structure due to mining, and (3) verify the results predicted by the numerical model.

Two (2) different concepts of instrumentation were examined; monitoring units were developed and set in place. One concept concerned the monitoring of stresses in the structure; this was achieved with vibrating wire stress rings set in boreholes of 152 mm (6 in) in diameter. The second concept concerned measurement of excavation convergence. Measurements were executed with a high precision tape extensometer. Readings were initiated which continued for twelve months.

This report describes the different stages of the program and presents the complete results. Monitored sector and instrumentation concepts are introduced and described. Specific installation schemes and measurement results follow. Blasting events data was cumulated; the latter complements acquired data. Brief notes on the interpretation of the results are added as a conclusion.

KEYWORDS: monitoring, monitoring of excavations, stress ring, convergence anchor, stress variation, convergence.

* Project engineer, Canadian Mine Technology Laboratory, Mining Research Laboratories, CANMET, Energy, Mines and Resources, Canada, Ottawa.

** Technician specialist, Service de technologie minière, Centre de Recherches minérales, Énergie et Ressources (Québec), Québec.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUCTION	1
2. INSTRUMENTATION	1
2.1 Secteur instrumenté	1
2.2 Anneaux de contrainte	2
2.3 Bornes de convergence	2
3. ÉVÉNEMENTS DE SAUTAGE ET CUMUL DES MESURES	8
3.1 Cumul des événements de sautage	8
3.2 Cumul de lecture des anneaux de contrainte	11
3.3 Cumul de lecture des bornes de convergence	11
4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	11
4.1 Calcul des variations de contrainte	11
4.2 Vérification des résultats prédits par le modèle	14
REMERCIEMENTS	14
RÉFÉRENCE	14
ANNEXES	15

LISTE DES TABLEAUX

No.		Page
1.	Anneaux de contrainte - données initiales	4
2.	Bornes de convergence - données initiales	6
3.	Sommaire des événements de sautage	10
4.	Anneaux de contrainte - données finales	12
5.	Bornes de convergence - données finales	13

LISTE DES FIGURES

No.		Page
1.	Localisation du secteur instrumenté de la zone 203 (niveau 850)	3
2.	Schéma de localisation des anneaux de contrainte	5
3.	Schéma de localisation et d'installation des bornes de convergence	7
4.	Charte des événements de sautage	9

LISTE DES ANNEXES

No.		Page
1.	Compilation des événements de sautage	15
2.	Compilation des lectures des anneaux de contrainte	19
3.	Compilation des lectures des bornes de convergence	31

1. INTRODUCTION

De façon à valider le modèle utilisé dans l'étude de stabilité menée à la mine Niobec, et vérifier les résultats prédits par celui-ci, le Centre de Recherches minérales (CRM) et le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) ont procédé à l'été 1986, avec la collaboration de l'exploitant, à l'instrumentation d'un secteur de production. L'instrumentation consistait en sept (7) anneaux de contrainte de 127 mm (5 po) de diamètre, installés à l'intérieur de trous de forage et répartis en trois (3) sites, et de vingt (20) bornes de convergence, réparties en trois (3) sites également et procurant dix (10) mesures indépendantes. Les lectures ont été initiées par les deux organismes de recherche. Par la suite, les relevés ont été poursuivis par l'exploitant sur une base régulière.

Le présent rapport fait état des concepts d'instrumentation retenus et présente les résultats obtenus. Les événements de sautage ont été cumulés tout au long de la période de suivi; ils sont également rapportés. Dans un premier temps, le secteur instrumenté est introduit. La localisation et les schémas d'installation des appareils sont ensuite montrés. Le troisième chapitre concerne spécifiquement le relevé des événements de sautage et le cumul de lecture des différents instruments. Quelques notes relatives à l'interprétation des résultats sont ajoutées en guise de conclusion.

2. INSTRUMENTATION

2.1 Secteur instrumenté

Le secteur visé par l'instrumentation était celui de la zone 203, à la hauteur du niveau 850 à l'intérieur du deuxième bloc minier. Au début du suivi, un chantier avait été exploité, le 203-11, un second était en exploitation, le 203-13, et un troisième était en développement, le 203-15. L'instrumentation

permettait donc de suivre l'évolution des contraintes à l'intérieur de la structure et des déplacements à la paroi des excavations, tout au cours de l'avancement des travaux dans le secteur. Les structures instrumentées étaient le pilier 203-13 et le chantier 203-15. Un plan général du secteur est montré à la Figure 1; on y a identifié les structures d'intérêt.

2.2 Anneaux de contrainte

Le premier concept d'instrumentation retenu avait pour but de suivre l'évolution des contraintes à l'intérieur du massif. Pour ce faire, des anneaux à corde vibrante, de 127 mm (5 po) de diamètre, ont été mis en place à l'intérieur de trous de sondage. La variation de diamètre du sondage, suite à une relaxation ou une compression du massif, est irrémédiablement transmise à l'anneau. Les anneaux sont lus périodiquement; le changement de fréquence affichée par l'instrument est transformé en variation de contrainte dans le massif lors de l'interprétation.

Au total, sept (7) anneaux de contrainte ont été mis en place, à l'intérieur de trois (3) sondages. Le détail de l'instrumentation est fourni au Tableau 1. Le secteur est représenté schématiquement à la Figure 2; la localisation des anneaux y est indiquée.

2.3 Bornes de convergence

Le second concept d'instrumentation consistait en la mesure des déplacements à la paroi des excavations, plus particulièrement à la paroi des galeries 12 et 203-15. La mesure de ces déplacements, ou convergence, permet de vérifier directement ceux prédits par le modèle. Ces déplacements traduisent les

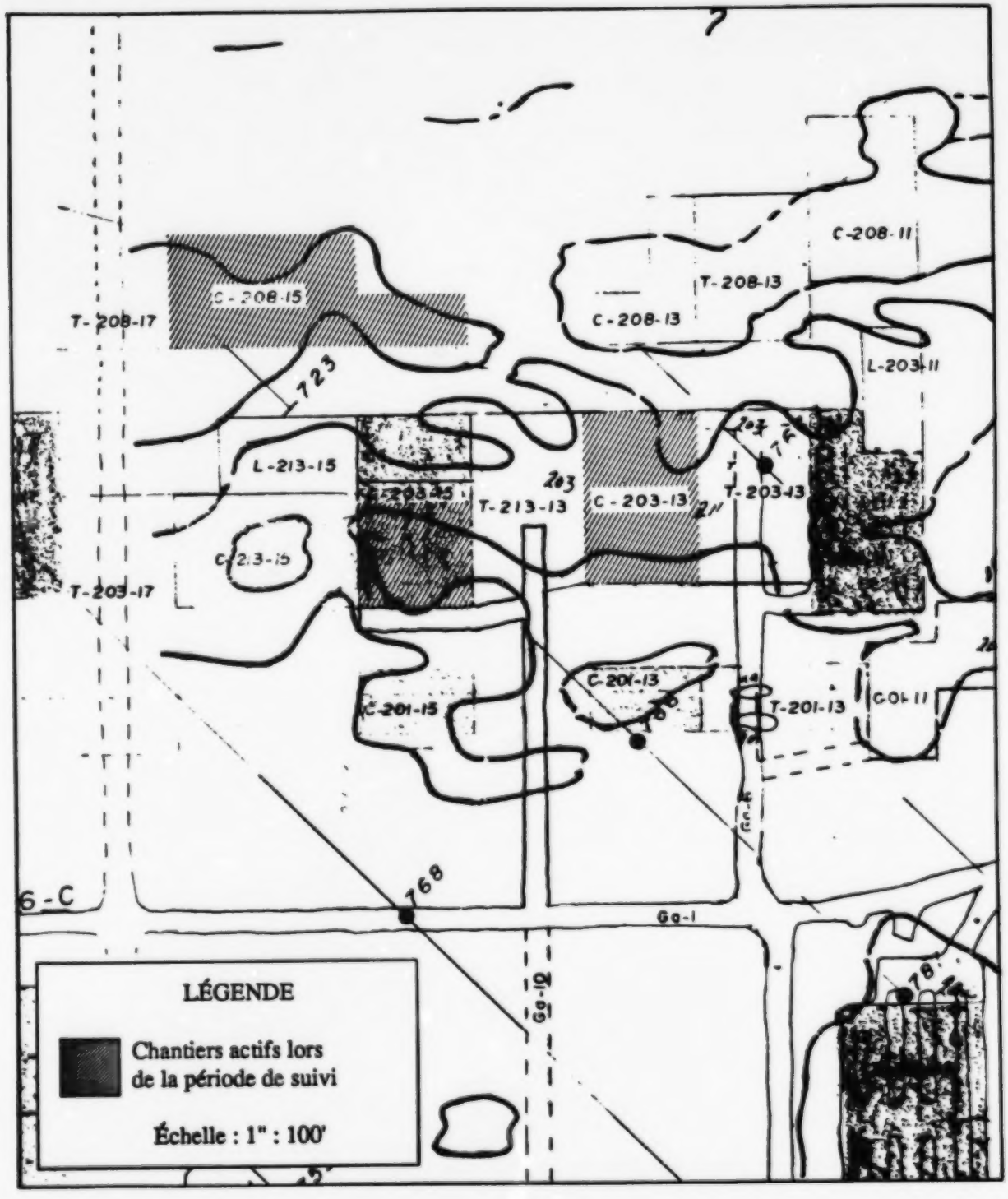


Figure 1 - Localisation du secteur instrumenté de la zone 203 (niveau 850)

TABLEAU 1 - ANNEAUX DE CONTRAINTE - DONNÉES INITIALES

LOCALI-SATION	NO. ANNEAU	POSITION V/H	PROFONDEUR (m)	LECTURE INITIALE (Hz)
ST1	R6	V	6.39	1081
ST1	EMR11	H	4.60	1521
ST2	R5	V	7.60	1105
ST2	R1	H	7.30	1113
ST2	R3	H	6.40	1091
ST3	R2	V	7.30	1207
ST3	R4	V	7.15	1265

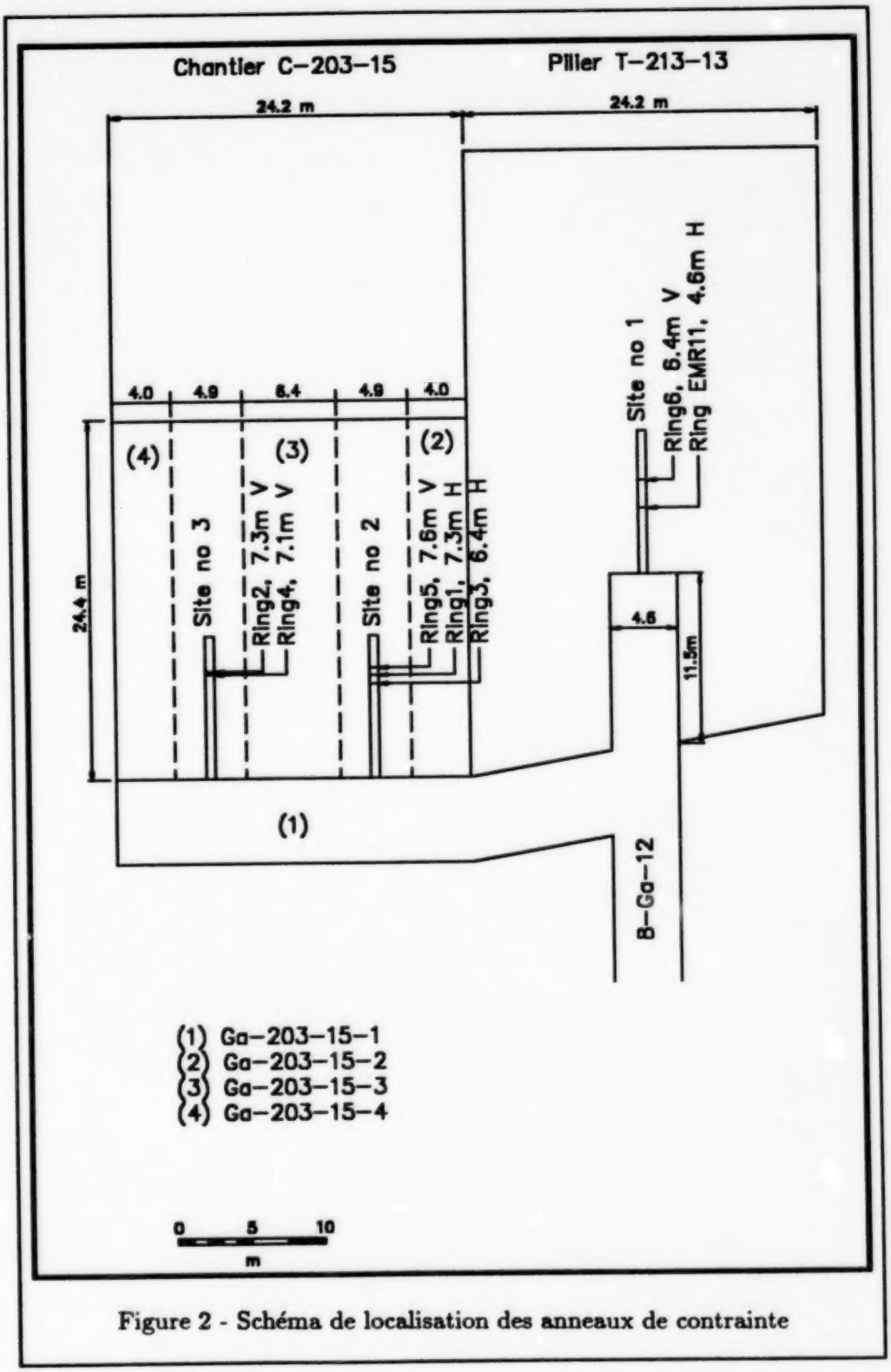


Figure 2 - Schéma de localisation des anneaux de contrainte

TABLEAU 2 - BORNES DE CONVERGENCE - DONNÉES INITIALES

LOCALI-SATION	NO. LIGNE	POSITION V/H	IDENTIFI-CATION	DISTANCE INITIALE (cm)
ST1	1	H	LH	457.76
ST1	2	V	LV	331.25
ST2	3	H	LH	384.50
ST2	4	V	LVD	358.27
ST2	5	V	LVC	335.56
ST2	6	V	LVG	351.37
ST3	7	H	LH	635.20
ST3	8	V	LVD	373.92
ST3	9	V	LVC	377.42
ST3	10	V	LVG	384.58

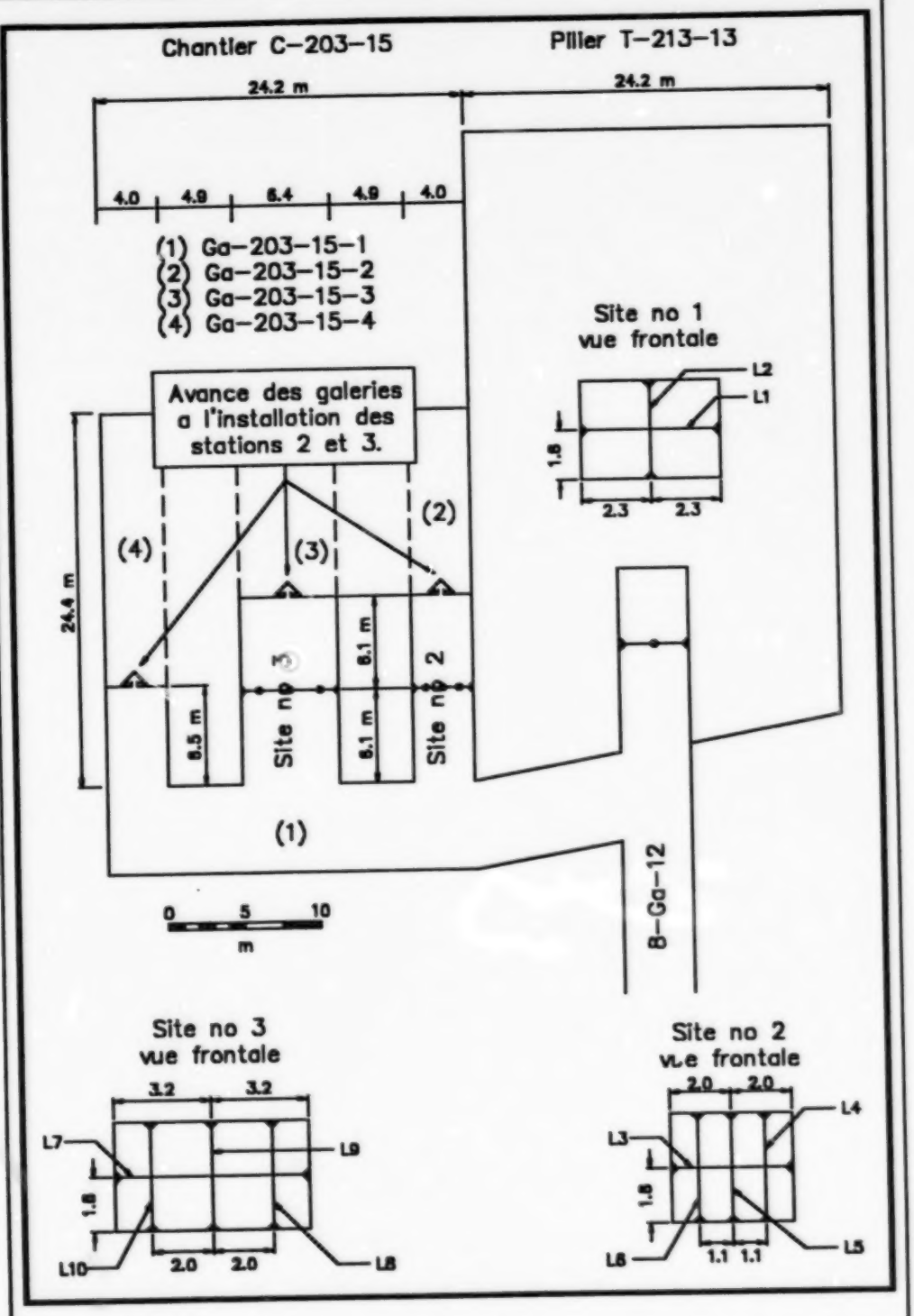


Figure 3 - Schéma de localisation et d'installation des bornes de convergence

variations de contrainte qui surviennent à l'intérieur du massif. De ce fait, cette mesure devient un outil indispensable et habituellement suffisant pour la calibration et la vérification du modèle.

Les déplacements ont été mesurés entre des bornes opposées, ancrées à la paroi des galeries. Au total, vingt (20) bornes ont été installées; elles procurent dix (10) mesures indépendantes, trois (3) horizontales et sept (7) verticales. Le détail de l'installation est résumé au Tableau 2. La localisation des sites ainsi que les schémas des traverses sont présentés à la Figure 3.

3. ÉVÉNEMENTS DE SAUTAGE ET CUMUL DES MESURES

3.1 Cumul des événements de sautage

Les événements de sautage, qui ont eu lieu dans le secteur instrumenté lors de la période de suivi, ont été compilés suivant leur localisation et leur type. Trois (3) types ont été recensés: (1) les sautages principaux, à l'intérieur des chantiers de production, (2) les sautages de développement, pour l'ouverture des galeries, et (3) le sautage des cheminées, pour débuter le tir de production. Ils ont été portés sur une charte de façon à visualiser leur emplacement véritable dans le temps; cette charte constitue la Figure 4. Le sommaire est présenté au Tableau 3. Le détail des événements compose l'Annexe 1.

3.2 Cumul de lecture des anneaux de contrainte

Les anneaux de contrainte ont été lus régulièrement, avec un compteur de fréquence de marque Monsanto, modèle 150A. La précision de l'instrument s'établit à ± 1 Hz. La variation

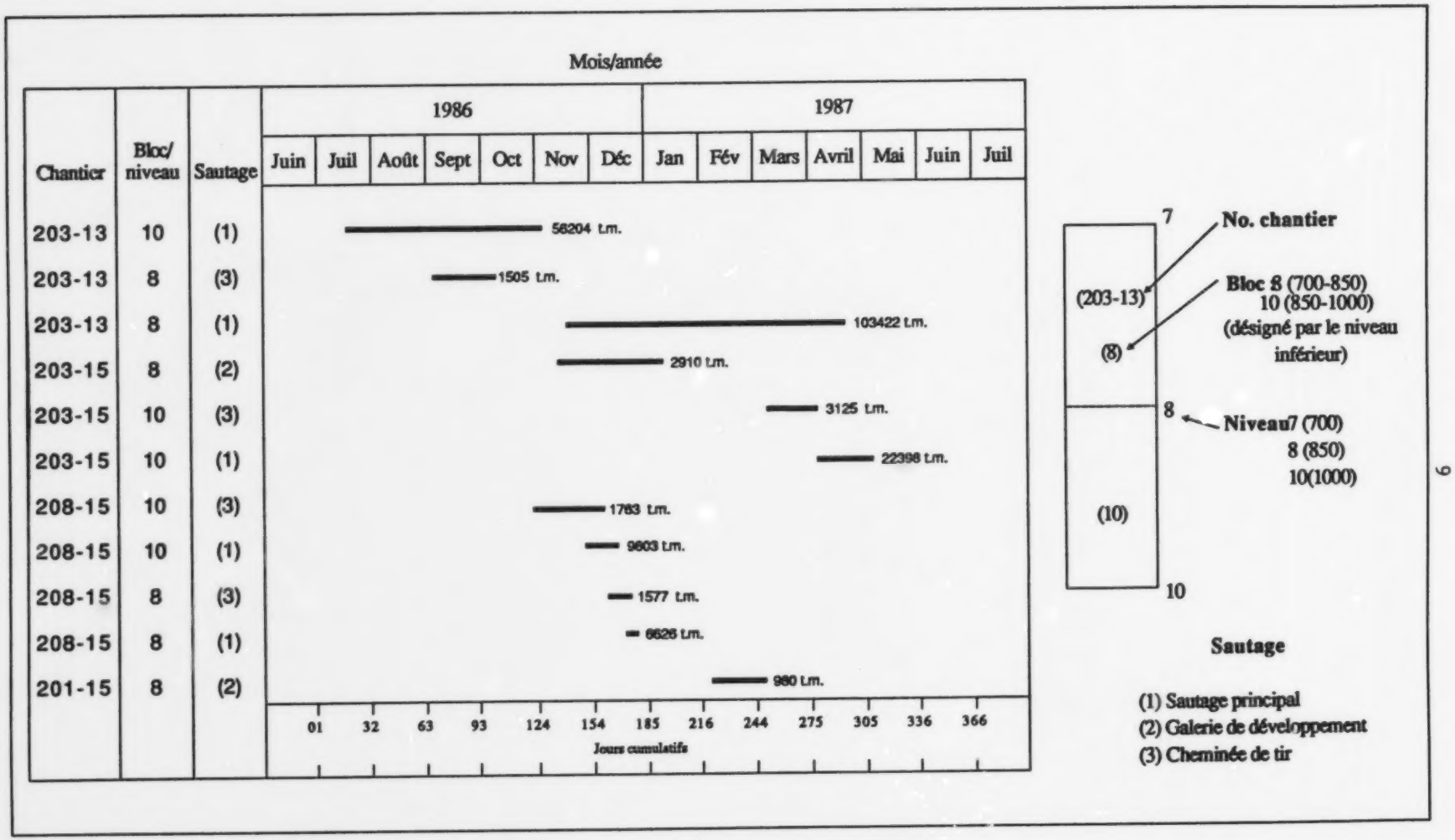


Figure 4: Charte des événements de sautage.

TABLEAU 3 - SOMMAIRE DES ÉVÉNEMENTS DE SAUTAGE

CHANTIER	BLOC/ NIVEAU	SAUTAGE	DÉBUT	FIN	TONNAGE (t.m.)
203-13	10	(1)	18/07/86	06/11/86	56,204
203-13	8	(3)	02/09/86	10/10/86	1,505
203-13	8	(1)	11/11/86	24/04/87	103,422
203-15	8	(2)	12/11/86	06/01/87	2,910
203-15	10	(3)	09/03/87	01/04/87	3,125
203-15	10	(1)	23/03/87	01/05/87	22,398
208-15	10	(3)	29/10/86	05/12/86	1,763
208-15	10	(1)	28/11/86	08/12/86	9,803
208-15	8	(3)	09/12/86	22/12/86	1,577
208-15	8	(1)	16/12/86	23/12/86	6,626
201-15	8	(2)	16/02/87	06/03/87	980

LÉGENDE

bloc 8 (700 - 850)
10 (850 - 1000)
(désigné par le niveau inférieur)

niveau 7 (700)
8 (850)
10 (1000)

sautage (1) sautage principal
(2) galerie de développement
(3) cheminée de tir

totale, mesurée sur chacun des anneaux, apparaît au Tableau 4. Le détail des mesures, cumul et représentation graphique, constitue l'Annexe 2.

3.3 Cumul de lecture des bornes de convergence

Les bornes de convergence ont également été lues régulièrement. Le ruban utilisé en était un de marque Roctest, modèle Convex. La précision nominale de l'instrument est de ± 0.1 mm. Une attention particulière a été fournie lors du raccordement du ruban aux bornes de mesure, de façon à assurer la représentativité de la lecture. Le ruban était étalonné régulièrement, pour détecter toute dérive potentielle dans le temps; celle-ci s'est révélée nulle ou non-significative. Les variations totales mesurées sont présentées au Tableau 5. Le détail des mesures, cumul et représentation graphique, constitue l'Annexe 3.

4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

4.1 Calcul des variations de contrainte

Un premier rapport sur l'interprétation des résultats, en termes de variations de contrainte induites par le minage, avait été proposé par Herget et Kapeller à l'hiver 1987 (1). Un second rapport est en rédaction. L'objectif visé est d'examiner l'évolution des contraintes dans la structure lors du minage du chantier 203-15.

4.2 Vérification des résultats prédits par le modèle

Un second volet de l'interprétation consiste à vérifier que les

TABLEAU 4 - ANNEAUX DE CONTRAINTE - DONNÉES FINALES

LOCALI-SATION	ANNEAU	LECTURE INITIALE (Hz)	LECTURE FINALE (Hz)	DIFFÉRENCE (Hz)
ST1	R6	1081	1071	- 10
ST1	EMR11	1521	1823	302
ST2	R5	1105	1091	- 14
ST2	R1	1113	1338	225
ST2	R3	1091	1295	204
ST3	R2	1207	1172	- 35
ST3	R4	1265	1332	67

TABLEAU 5 - BORNES DE CONVERGENCE - DONNÉES FINALES

LOCALI-SATION	LIGNE	DISTANCE INITIALE (cm)	DISTANCE FINALE (cm)	DIFFÉRENCE (cm)
ST1	LH	457.76	457.93	0.17
ST1	LV	331.25	331.13	- 0.12
ST2	LH	384.50	384.17	- 0.33
ST2	LVD	358.27	358.07	- 0.20
ST2	LVC	335.56	335.22	- 0.34
ST2	LVG	351.37	351.23	- 0.14
ST3	LH	635.20	635.16	- 0.04
ST3	LVD	373.92	373.87	- 0.05
ST3	LVC	377.42	377.29	- 0.13
ST3	LVG	384.58	384.54	- 0.04

mesures effectuées en chantier sont effectivement compatibles avec les résultats prédits par le modèle numérique utilisé. Ce volet, plus élaboré, requiert l'addition de nouvelles simulations à celles déjà produites. Un rapport sera produit quand le résultat de ces nouvelles simulations sera disponible.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à souligner leur appréciation envers les autorités de la mine et le personnel d'ingénierie, pour leur collaboration et leur assistance dans la mise en place et la lecture des instruments de mesure, et la communication des résultats. Les figures du rapport et le contenu des annexes ont été édités par Michel Fournier, du Centre de Recherches minérales. Les auteurs le remercient sincèrement pour sa collaboration.

RÉFÉRENCE

Herget, G., Kapeller, F. "Monitoring of borehole deformation at Niobec Mine, a progress report"; Mining Research Laboratories, Division Report MRL 87-6 (TR), CANMET, January 1987, 19 p.

ANNEXE 1

COMPILATION DES ÉVÉNEMENTS DE SAUTAGE

Calendrier des évènements de sautage dans la zone 203

Jours	Date	Evènement no	Evènement type*	Chantier	Tonnage (T.m.)
18	86/07/18	1	1	10-C-203-13	3177
42	86/08/08	2	1	10-C-203-13	9000
64	86/09/02	3	3	8-C-203-13	88
65	86/09/03	4	3	8-C-203-13	88
70	86/09/08	5	1	10-C-203-13	16346
72	86/09/10	6	3	8-C-203-13	88
73	86/09/11	7	3	8-C-203-13	88
74	86/09/12	8	3	8-C-203-13	113
77	86/09/15	9	3	8-C-203-13	76
78	86/09/16	10	3	8-C-203-13	88
79	86/09/17	11	3	8-C-203-13	88
80	86/09/18	12	3	8-C-203-13	88
81	86/09/19	13	3	8-C-203-13	125
84	86/09/22	14	3	8-C-203-13	125
85	86/09/23	15	3	8-C-203-13	100
86	86/09/24	16	3	8-C-203-13	125
88	86/09/26	17	3	8-C-203-13	88
93	86/10/01	18	3	8-C-203-13	37
100	86/10/08	19	1	10-C-203-13	8886
102	86/10/10	20	3	8-C-203-13	100
121	86/10/29	21	3	10-C-208-15	200
126	86/11/03	22	3	10-C-208-15	75
129	86/11/06	23	1	10-C-203-13	18795
130	86/11/07	24	3	10-C-208-15	213
133	86/11/10	25	3	10-C-208-15	125
134	86/11/11	26	1	8-C-203-13	1396
135	86/11/12	27	2	8-C-203-15	420
137	86/11/14	28	1	8-C-203-13	1056
141	86/11/18	29	1	8-C-203-13	7920
141	86/11/18	30	3	10-C-208-15	200
142	86/11/19	31	3	10-C-208-15	125
143	86/11/20	32	3	10-C-208-15	125
144	86/11/21	33	2	8-C-203-15	420
147	86/11/24	34	3	10-C-208-15	62
148	86/11/25	35	3	10-C-208-15	100
149	86/11/26	36	3	10-C-208-15	125
149	86/11/26	37	2	8-C-203-15	250
150	86/11/27	38	2	10-C-203-15	250
151	86/11/28	39	1	10-C-208-15	4843
154	86/12/01	40	3	10-C-208-15	113
156	86/12/03	41	2	8-C-203-15	420
157	86/12/04	42	1	10-C-208-15	2090
158	86/12/05	43	3	10-C-208-15	50
158	86/12/05	44	1	8-C-203-13	8437
161	86/12/08	45	1	10-C-208-15	2870
162	86/12/09	46	3	8-C-208-15	238
163	86/12/10	47	3	8-C-208-15	75
164	86/12/11	48	3	8-C-208-15	125

Calendrier des évènements de sautage dans la zone 203

Jours	Date	Evènement no	Evènement type*	Chantier	Tonnage (T.m.)
165	86/12/12	49	3	8-C-208-15	38
165	86/12/12	50	2	8-C-203-15	420
168	86/12/15	51	3	8-C-208-15	250
169	86/12/16	52	1	8-C-208-15	1530
169	86/12/16	53	3	8-C-208-15	138
169	86/12/16	54	3	8-C-208-15	138
170	86/12/17	55	3	8-C-208-15	125
171	86/12/18	56	2	8-C-203-15	420
171	86/12/18	57	1	8-C-203-15	1645
171	86/12/18	58	3	8-C-203-15	125
171	86/12/18	59	1	8-C-203-13	24366
172	86/12/19	60	3	8-C-208-15	125
175	86/12/22	61	3	8-C-208-15	100
175	86/12/22	62	3	8-C-208-15	100
176	86/12/23	63	1	8-C-208-15	3451
176	86/12/23	64	2	8-C-203-15	280
190	87/01/06	65	2	8-C-203-15	280
231	87/02/16	66	2	8-C-201-15	280
235	87/02/20	67	2	8-C-201-15	280
239	87/02/24	68	2	8-C-201-15	280
249	87/03/06	69	2	8-C-201-15	140
252	87/03/09	70	3	10-C-203-15	250
253	87/03/10	71	3	10-C-203-15	250
254	87/03/11	72	3	10-C-203-15	300
255	87/03/12	73	3	10-C-203-15	400
260	87/03/17	74	3	10-C-203-15	425
262	87/03/19	75	3	10-C-203-15	300
263	87/03/20	76	3	10-C-203-15	275
266	87/03/23	77	1	10-C-203-15	532
267	87/03/24	78	3	10-C-203-15	225
268	87/03/25	79	3	10-C-203-15	275
268	87/03/25	80	1	10-C-203-15	692
274	87/03/31	81	1	10-C-203-15	310
275	87/04/01	82	3	10-C-203-15	425
275	87/04/01	83	1	10-C-203-15	579
280	87/04/06	84	1	10-C-203-15	1330
284	87/04/10	85	1	10-C-203-15	2395
287	87/04/13	86	1	10-C-203-15	2268
287	87/04/13	87	1	10-C-203-15	665
288	87/04/14	88	1	10-C-203-15	5680
298	87/04/24	89	1	8-C-203-13	60297
301	87/04/27	90	1	10-C-203-15	920
302	87/04/28	91	1	10-C-203-15	2713
305	87/05/03	92	1	10-C-203-15	4314

* 1 Sautage principal
2 Galerie de développement
3 Cheminée de tir

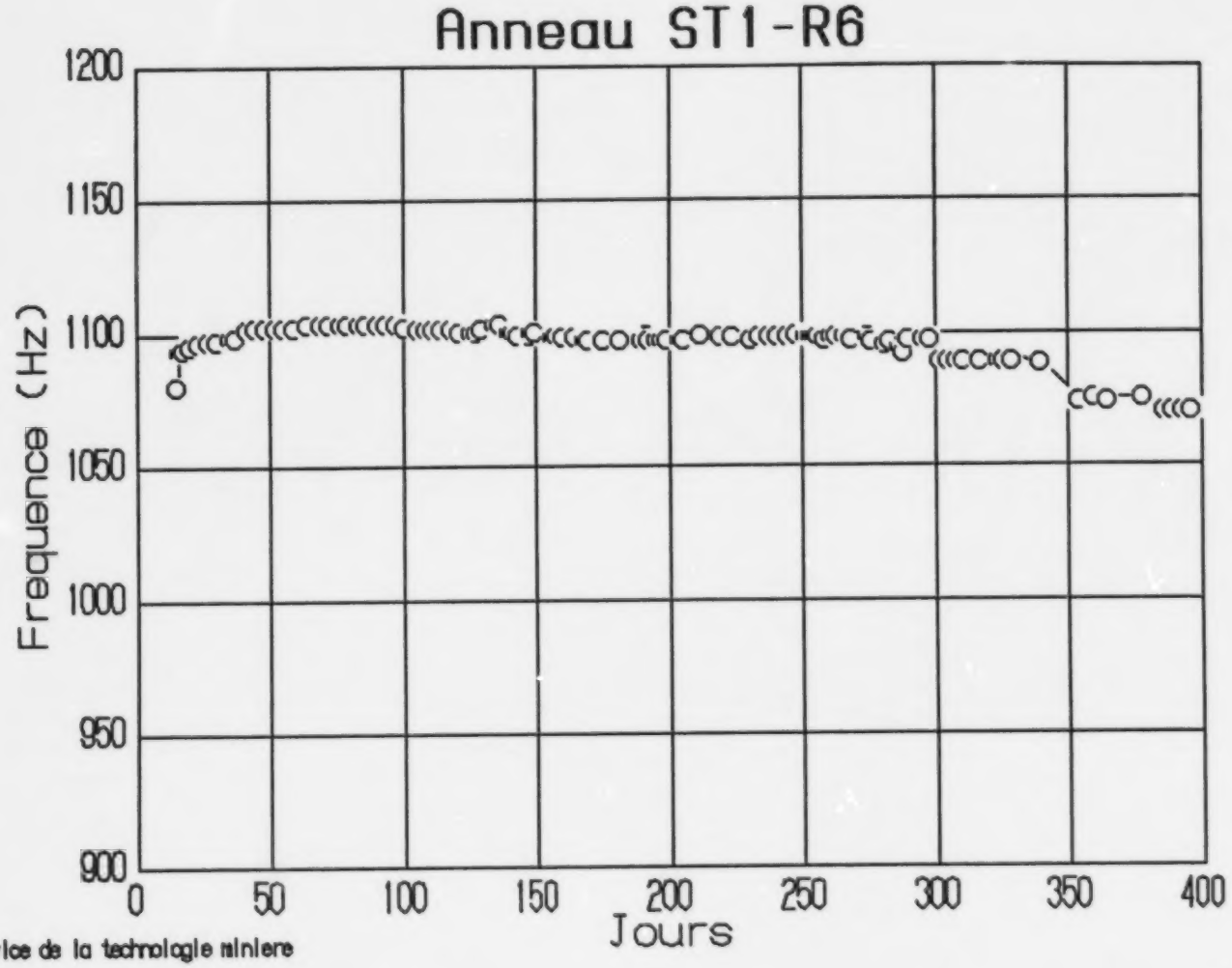
ANNEXE 2

COMPILATION DES LECTURES
DES ANNEAUX DE CONTRAINTE

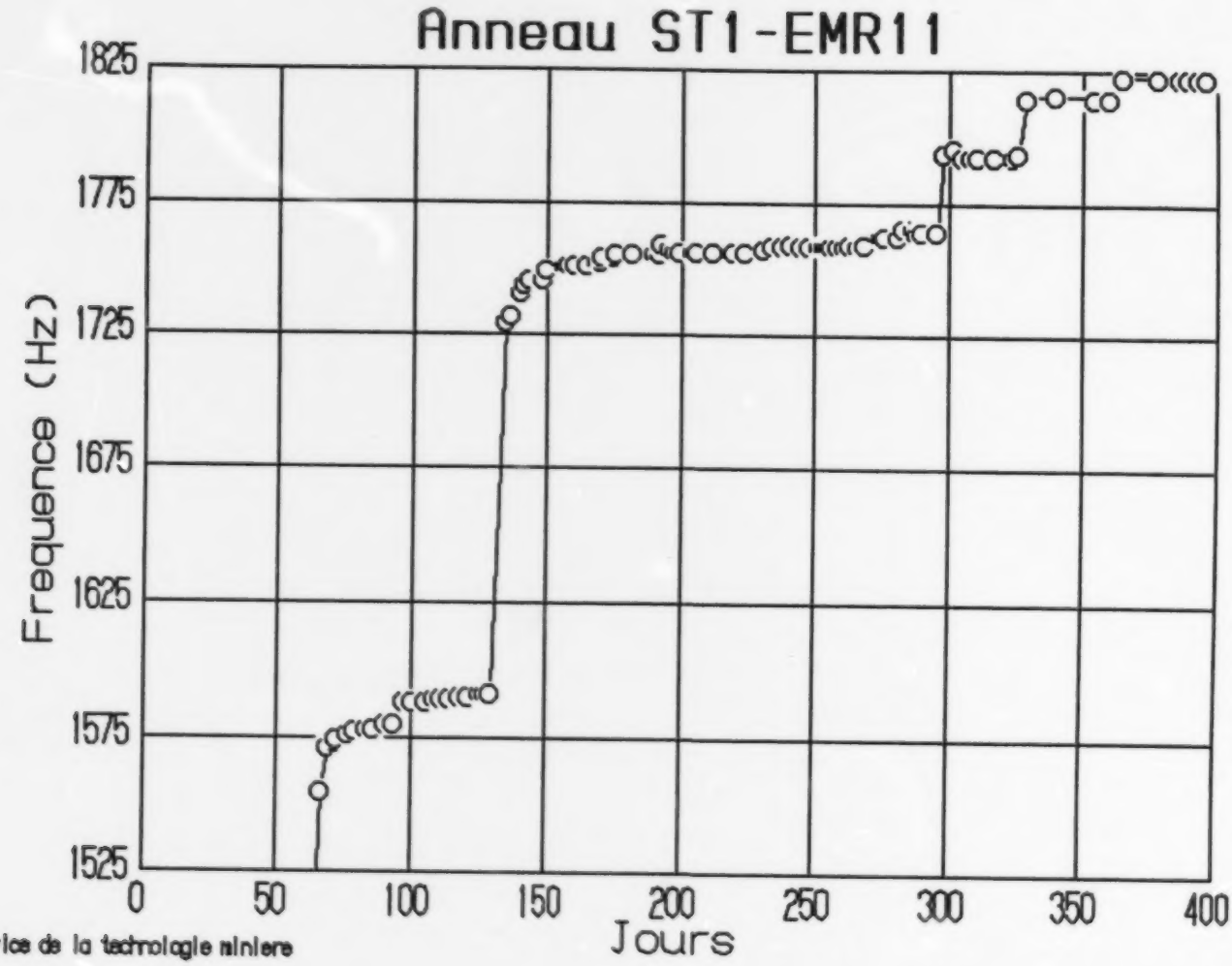
Jours	ST1-R6	ST1-EMR11	ST2-R1	ST2-R3	ST2-R5	ST3-R2	ST3-R4
16	1081.0	-	-	-	-	1207.0	1265.0
17	1094.0	-	1113.0	-	1105.0	1214.0	1270.0
18	1095.0	-	1116.0	-	1107.0	1216.0	1271.0
21	1096.0	-	1116.0	-	1109.0	1218.0	1274.0
24	1097.0	-	1117.0	-	1110.0	1220.0	1275.0
28	1098.0	-	1117.0	-	1110.0	1221.0	1275.0
31	1098.0	-	1117.0	-	1111.0	1221.0	1276.0
36	1099.0	-	1117.0	-	1111.0	1223.0	1277.0
38	1099.0	-	1117.0	-	1112.0	1223.0	1277.0
42	1102.0	-	1121.0	-	1112.0	1224.0	1278.0
45	1103.0	-	1121.0	-	1112.0	1224.0	1278.0
49	1103.0	-	1121.0	-	1112.0	1224.0	1278.0
53	1103.0	-	1121.0	-	1112.0	1225.0	1279.0
56	1103.0	-	1121.0	-	1112.0	1225.0	1279.0
60	1103.0	-	1121.0	-	1112.0	1225.0	1279.0
65	1104.0	-	1121.0	-	1112.0	1226.0	1279.0
66	-	1521.0	-	-	-	-	-
67	-	1556.0	1121.0	1091.0	1113.0	1226.0	1280.0
70	1104.0	1572.0	1135.0	1103.0	1111.0	1225.0	1280.0
72	-	1574.0	-	-	-	1225.0	1280.0
73	1104.0	1575.0	1135.0	1103.0	1111.0	1225.0	1280.0
77	1104.0	1577.0	1135.0	1104.0	1112.0	1225.0	1280.0
80	1104.0	1578.0	1135.0	1104.0	1111.0	1225.0	1280.0
84	1104.0	1579.0	1135.0	1104.0	1111.0	1225.0	1280.0
87	1104.0	1579.0	1135.0	1104.0	1111.0	1226.0	1280.0
91	1104.0	1581.0	1135.0	1105.0	1111.0	1226.0	1280.0
94	1104.0	1581.0	1136.0	1105.0	1111.0	1226.0	1280.0
98	1104.0	1589.0	1135.0	1105.0	1111.0	1226.0	1281.0
101	1103.0	1589.0	1136.0	1105.0	1111.0	1226.0	1281.0
106	1102.0	1589.0	1137.0	1106.0	1111.0	1226.0	1281.0
109	1102.0	1590.0	1137.0	1107.0	1111.0	1227.0	1280.0
112	1102.0	1590.0	1137.0	1106.0	1111.0	1227.0	1280.0
115	1102.0	1590.0	1137.0	1106.0	1111.0	1227.0	1280.0
119	1102.0	1591.0	1137.0	1106.0	1111.0	1227.0	1281.0
122	1101.0	1591.0	1137.0	1106.0	1111.0	1227.0	1280.0
126	1101.0	1592.0	1138.0	1106.0	1111.0	1227.0	1280.0
128	1101.0	1592.0	1137.0	1106.0	1111.0	1227.0	1280.0
130	1102.0	1592.0	1137.0	1107.0	1111.0	1228.0	1281.0
135	1104.0	1730.0	1162.0	1126.0	1105.0	1225.0	1280.0
137	1104.0	1732.0	1171.0	1137.0	1097.0	1221.0	1280.0
140	1101.0	1741.0	1174.0	1141.0	1096.0	1221.0	1280.0
141	1101.0	1741.0	1174.0	1141.0	1095.0	1220.0	1280.0
142	1101.0	1744.0	1175.0	1142.0	1095.0	1221.0	1280.0
144	1100.0	1746.0	1196.0	-	1087.0	-	-
148	1100.0	1746.0	1197.0	1166.0	1087.0	1221.0	1288.0
149	1101.0	1746.0	1198.0	1168.0	1087.0	1222.0	1288.0
150	1101.0	1750.0	1242.0	1210.0	1081.0	1211.0	1288.0

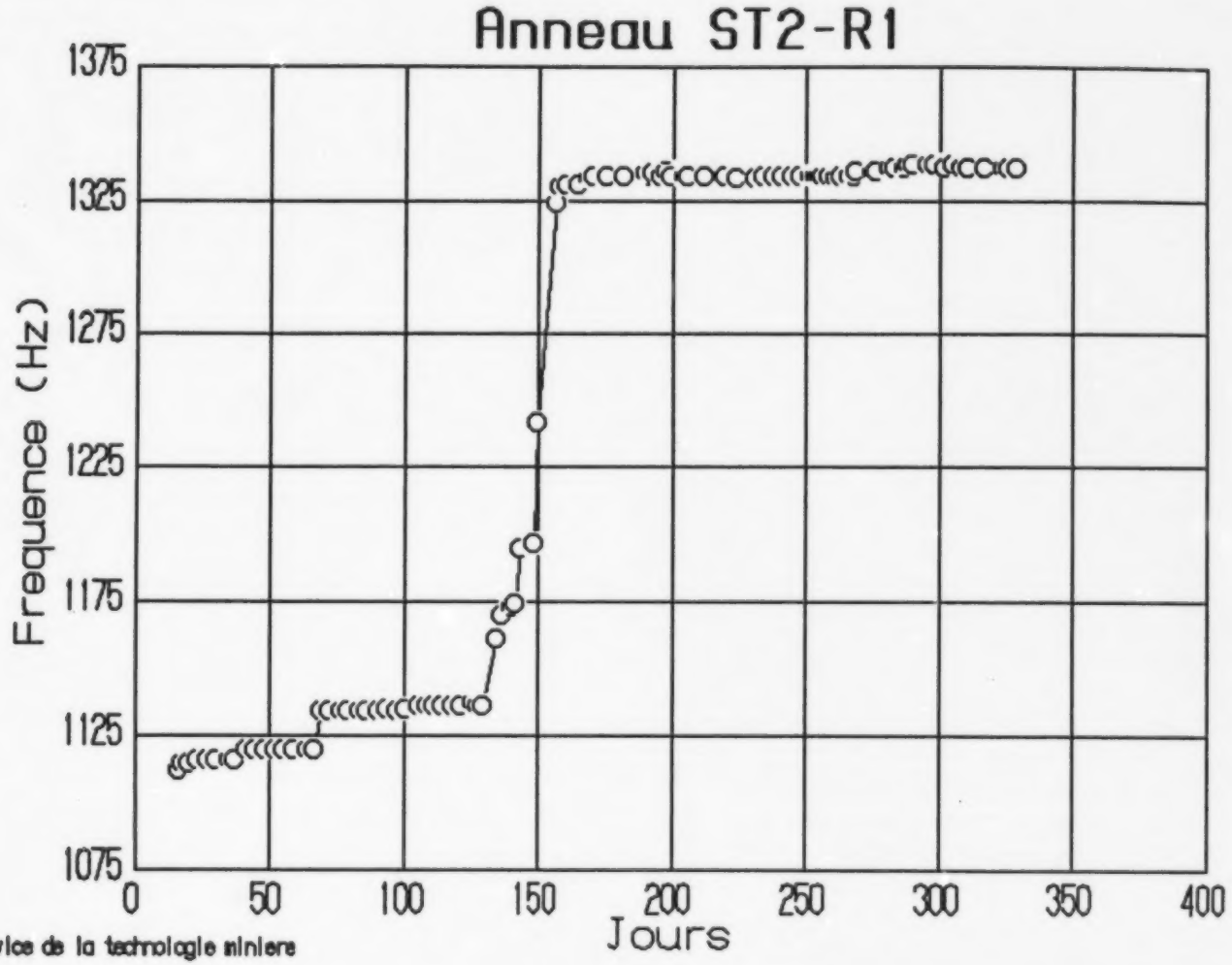
Jours	ST1-R6	ST1-EMR11	ST2-R1	ST2-R3	ST2-R5	ST3-R2	ST3-R4
157	1099.0	1751.0	1325.0	1273.0	1060.0	1197.0	1289.0
158	1100.0	1752.0	1331.0	1290.0	1040.0	1198.0	1289.0
161	1099.0	1752.0	1332.0	1290.0	1040.0	1197.0	1289.0
165	1099.0	1752.0	1332.0	1290.0	1038.0	1197.0	1289.0
169	1098.0	1753.0	1334.0	1291.0	1023.0	1194.0	1290.0
170	1098.0	1753.0	1334.0	1291.0	1022.0	1194.0	1290.0
171	-	-	1335.0	1290.0	1016.0	1193.0	1290.0
175	1098.0	1755.0	1335.0	1291.0	1016.0	1192.0	1290.0
176	1098.0	1755.0	1335.0	-	1015.0	1192.0	1290.0
182	1098.0	1756.0	1335.0	1291.0	1013.0	1192.0	1289.0
190	1098.0	1756.0	1336.0	1292.0	1014.0	1192.0	1290.0
192	1100.0	1756.0	1335.0	1291.0	1011.0	1192.0	1292.0
193	1098.0	1756.0	1336.0	1291.0	1010.0	1192.0	1292.0
196	1098.0	1760.0	1335.0	1294.0	1011.0	1192.0	1292.0
198	1098.0	1758.0	1337.0	1291.0	1010.0	1192.0	1290.0
200	1098.0	1757.0	1335.0	1291.0	1009.0	1191.0	1289.0
205	1098.0	1757.0	1335.0	1292.0	1009.0	1191.0	1291.0
206	1098.0	1757.0	1335.0	1292.0	1009.0	-	-
212	1100.0	1757.0	1335.0	1292.0	1009.0	-	-
220	1099.0	1757.0	1335.0	1291.0	1010.0	1194.0	1289.0
224	1099.0	1757.0	1334.0	1291.0	1010.0	1192.0	1290.0
231	1098.0	1757.0	1334.0	1292.0	1010.0	1193.0	1290.0
234	1099.0	1758.0	1335.0	1292.0	1010.0	1193.0	1291.0
238	1099.0	1759.0	1335.0	1291.0	1010.0	1193.0	1290.0
241	1099.0	1759.0	1335.0	1292.0	1010.0	1192.0	1290.0
245	1099.0	1760.0	1335.0	1291.0	1010.0	1193.0	1290.0
248	1100.0	1759.0	1335.0	1292.0	1009.0	1193.0	1290.0
252	1099.0	1759.0	1335.0	1291.0	1009.0	1193.0	1290.0
253	1099.0	1759.0	1335.0	1292.0	1008.0	1192.0	1290.0
254	1099.0	1759.0	1335.0	1292.0	1005.0	1191.0	1290.0
255	1099.0	1759.0	1335.0	1292.0	1005.0	1190.0	1290.0
256	1099.0	1759.0	1335.0	1292.0	1003.0	1188.0	1290.0
259	1098.0	1759.0	1335.0	1292.0	999.0	1188.0	1289.0
261	1099.0	1759.0	1334.0	1292.0	997.0	1187.0	1289.0
263	1099.0	1759.0	1335.0	1292.0	995.0	1187.0	1289.0
266	1099.0	1760.0	1335.0	1293.0	992.0	1186.0	1289.0
268	1099.0	1759.0	1335.0	1291.0	987.0	1184.0	1290.0
269	1098.0	1759.0	1337.0	1293.0	982.0	1186.0	1292.0
275	1099.0	1760.0	1336.0	1294.0	980.0	1186.0	1291.0
276	1097.0	1763.0	1337.0	1292.0	990.0	1192.0	1294.0
281	1096.0	1763.0	1338.0	1293.0	984.0	1190.0	1293.0
283	1097.0	1763.0	1338.0	1293.0	984.0	1190.0	1295.0
287	1095.0	1766.0	1338.0	1287.0	993.0	1183.0	1325.0
288	1093.0	1766.0	1339.0	1288.0	986.0	1183.0	1324.0
290	1098.0	1764.0	1339.0	1297.0	1102.0	1182.0	1325.0
296	1098.0	1765.0	1339.0	1297.0	1104.0	1182.0	1324.0
298	1098.0	1765.0	1339.0	1297.0	1104.0	1182.0	1324.0

Jours	ST1-R6	ST1-EMR11	ST2-R1	ST2-R3	ST2-R5	ST3-R2	ST3-R4
302	1090.0	1794.0	1338.0	1295.0	1099.0	1186.0	1325.0
305	1090.0	1796.0	1339.0	1296.0	1099.0	1185.0	1325.0
308	1090.0	1793.0	1338.0	1293.0	1094.0	1175.0	1331.0
311	1090.0	1793.0	1338.0	1293.0	1093.0	1174.0	1332.0
317	1090.0	1793.0	1338.0	1293.0	1092.0	1172.0	1332.0
324	1090.0	1793.0	1338.0	1294.0	1092.0	1172.0	1332.0
326	1090.0	1793.0	1338.0	1295.0	1091.0	1172.0	1332.0
329	1090.0	1793.0	1338.0	1295.0	1091.0	1172.0	1332.0
340	1089.0	1794.0	-	-	-	-	-
354	1075.0	1815.0	-	-	-	-	-
360	1076.0	1816.0	-	-	-	-	-
365	1075.0	1815.0	-	-	-	-	-
378	1076.0	1815.0	-	-	-	-	-
386	1071.0	1823.0	-	-	-	-	-
389	1071.0	1823.0	-	-	-	-	-
393	1071.0	1823.0	-	-	-	-	-
396	1071.0	1823.0	-	-	-	-	-

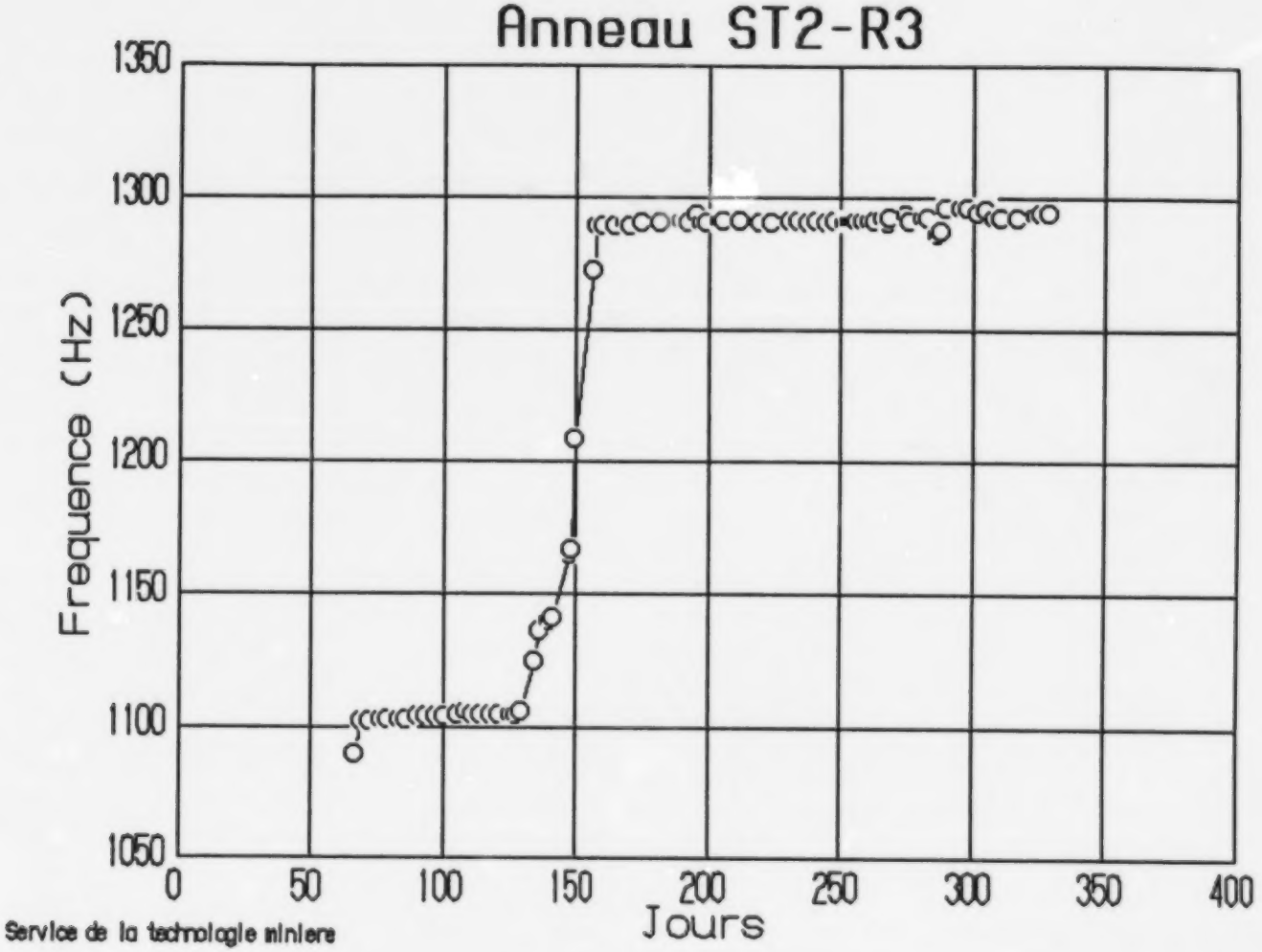


Service de la technologie miniere

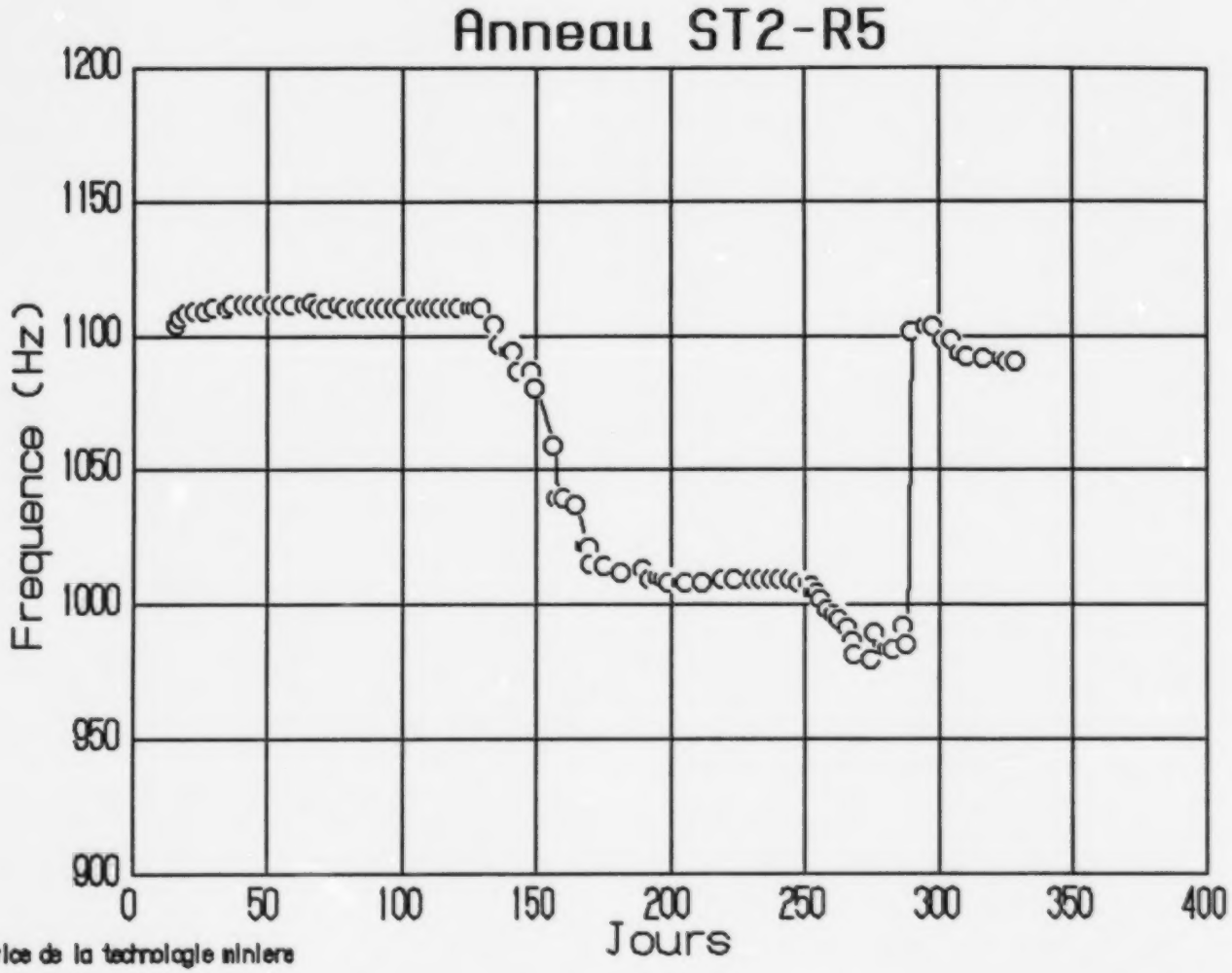

Anneau ST1-EMR11
1825
1775
1725
1675
1625
1575
1525
Frequence (Hz)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Jours
Service de la technologie miniere



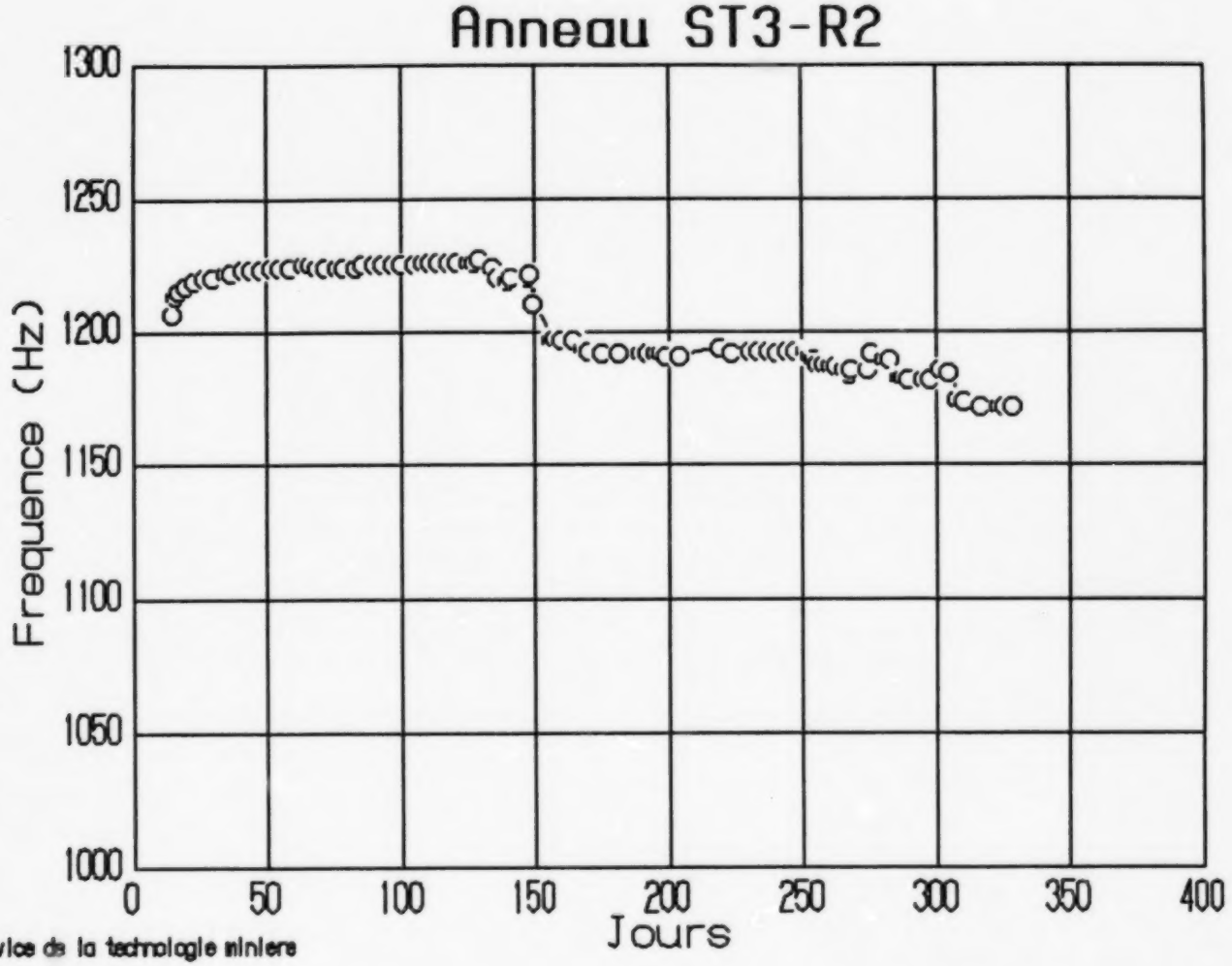
Service de la technologie miniere



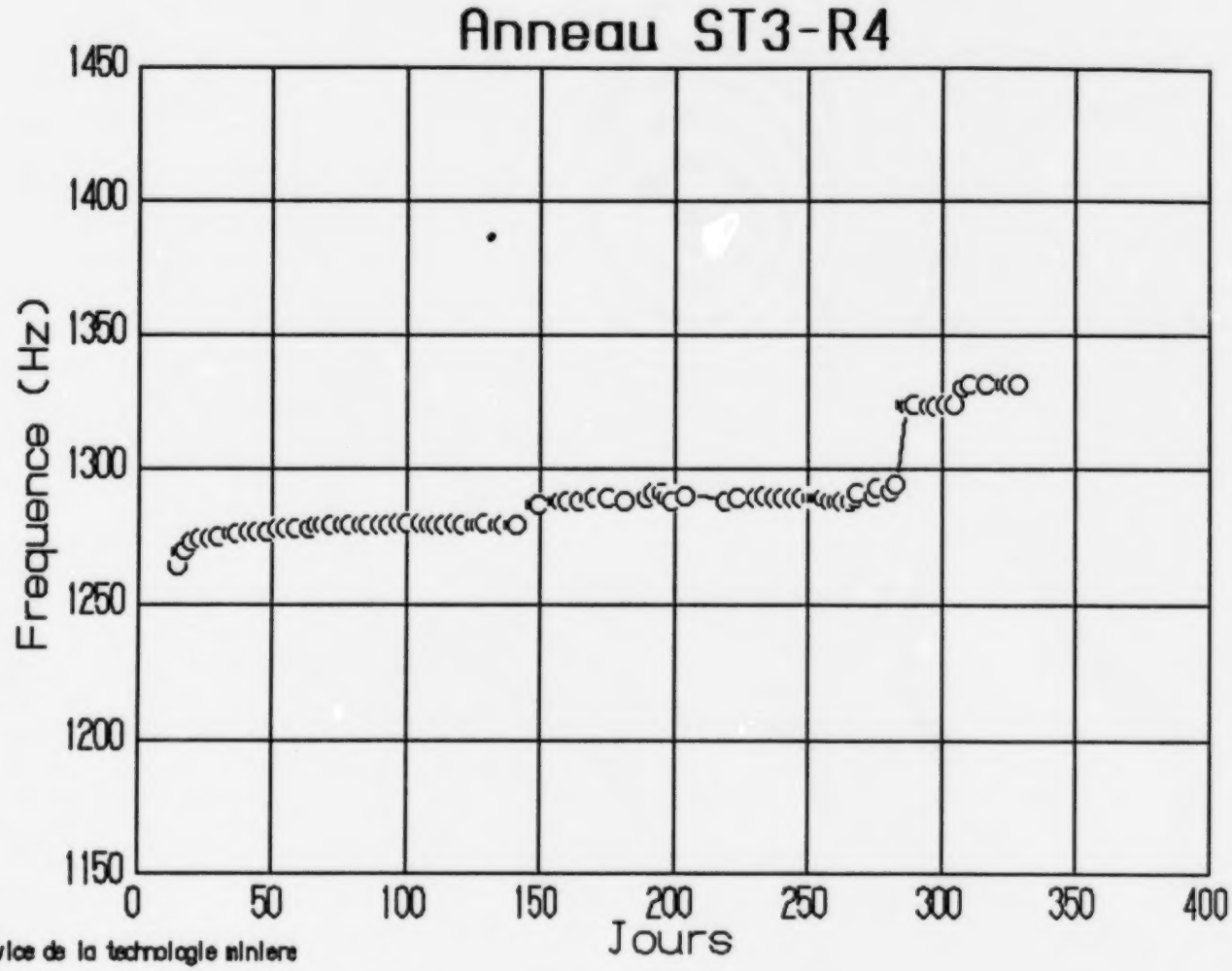
Service de la technologie miniere



Service de la technologie miniere



Service de la technologie miniere



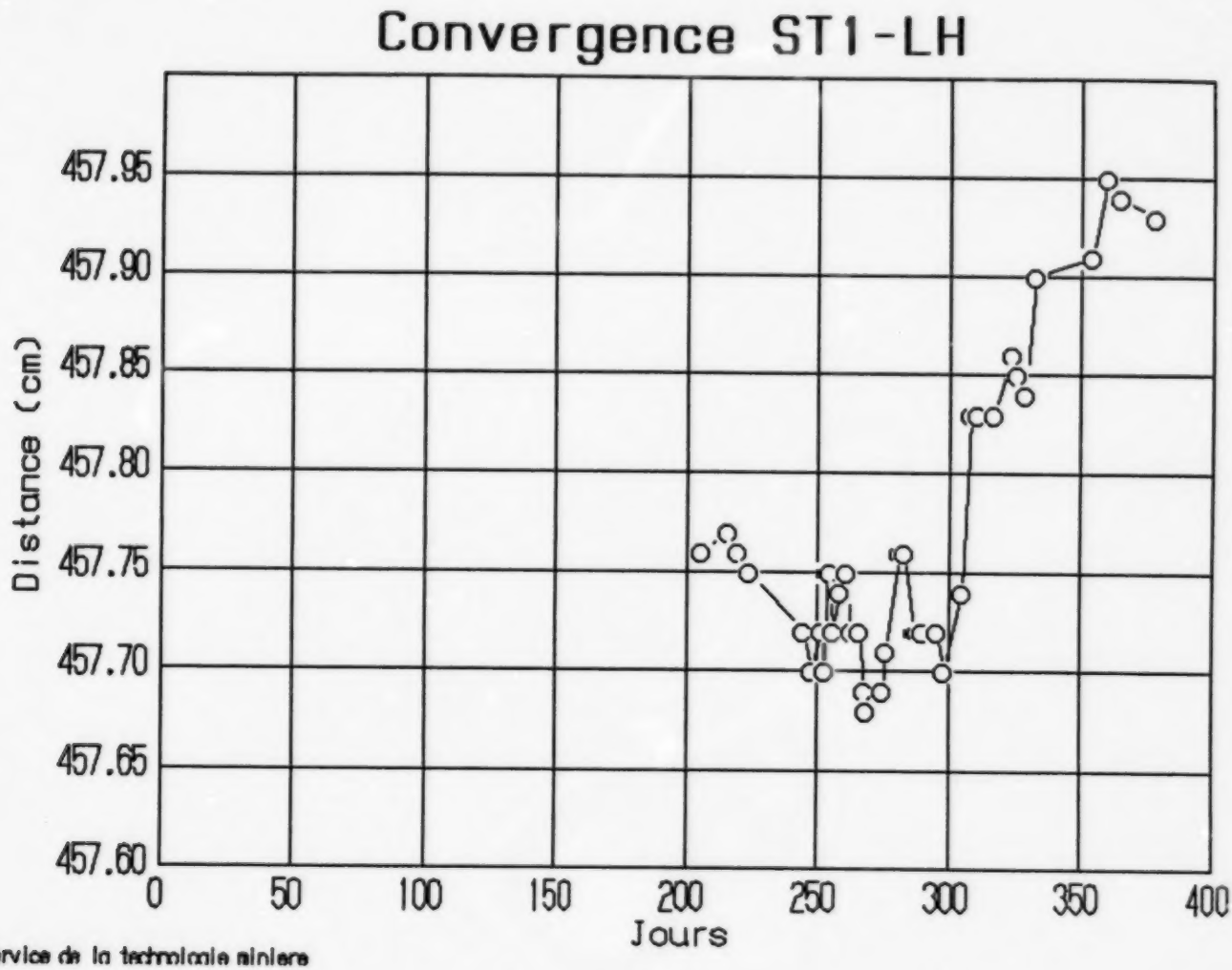
Service de la technologie miniere

ANNEXE 3

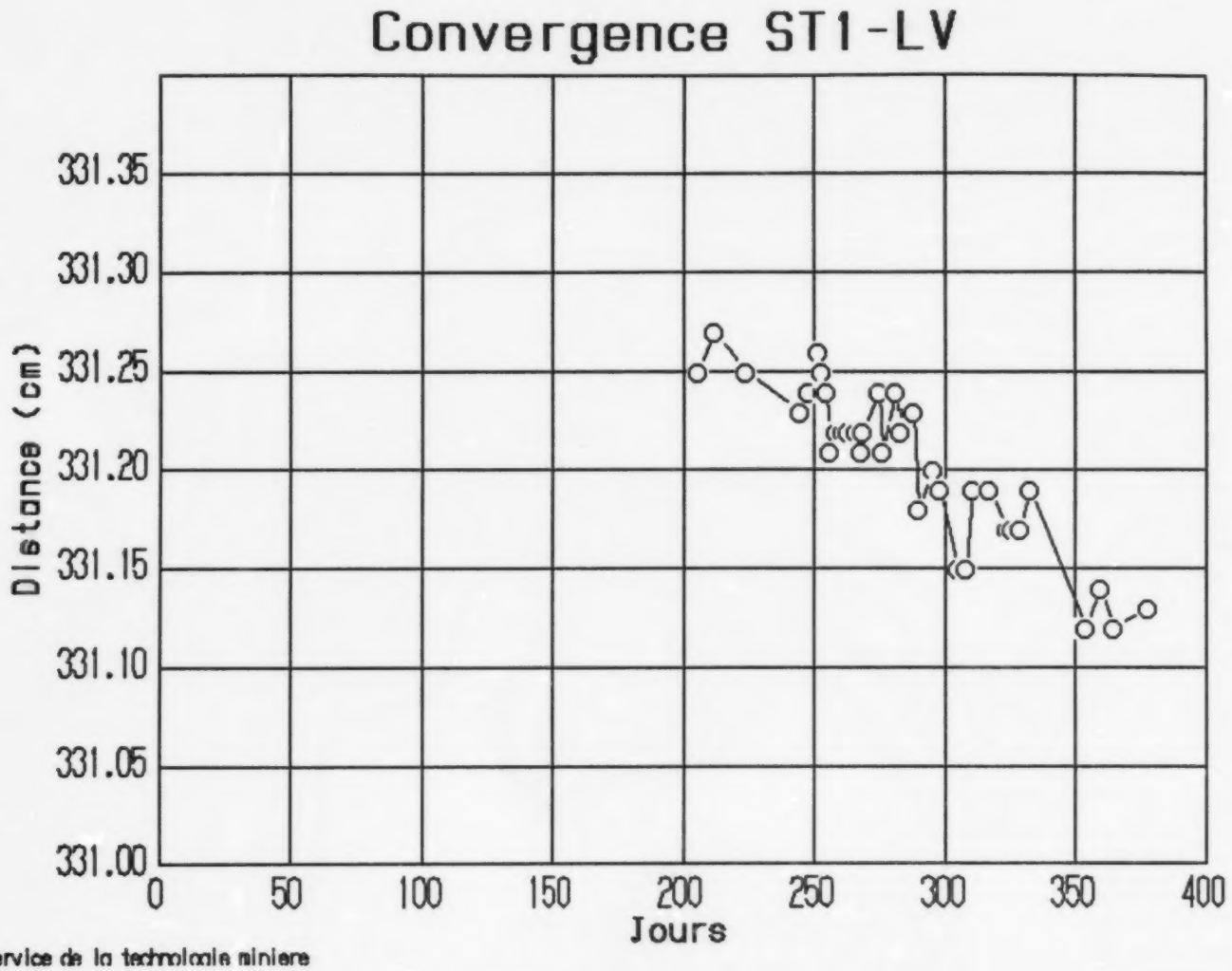
COMPILATION DES LECTURES
DES BORNES DE CONVERGENCE

Jours	ST1-LH	ST1-LV	ST2-LH	ST2-LVD	ST2-LVC	ST2-LVG	ST3-LH
206	457.76	331.25	384.50	358.27	335.56	351.37	635.20
212	457.77	331.27	384.47	358.28	335.59	351.35	635.21
220	457.76	-	384.48	358.26	-	351.37	635.24
224	457.75	331.25	384.44	358.26	335.59	351.36	635.21
245	457.72	331.23	384.42	358.28	-	351.32	635.14
248	457.73	331.24	384.40	358.24	335.57	351.34	635.19
252	457.72	331.26	384.41	358.27	335.59	351.34	635.18
253	457.76	331.25	384.43	358.26	335.57	351.33	635.18
254	457.75	331.24	384.42	358.25	335.56	351.35	635.19
255	457.75	331.24	384.42	358.25	335.55	351.32	635.11
256	457.72	331.21	384.38	358.24	335.55	351.32	635.12
259	457.74	331.22	-	-	-	-	635.15
261	457.75	331.22	384.35	358.24	335.52	351.31	635.20
263	457.72	331.22	384.33	358.23	335.53	351.31	635.12
266	457.72	331.22	384.32	358.23	335.53	351.30	635.09
268	457.69	331.21	384.32	358.25	335.51	351.29	635.13
269	457.68	331.22	384.32	358.22	335.53	351.29	635.18
275	457.69	331.24	384.30	358.23	335.52	351.29	635.15
276	457.71	331.21	384.29	358.21	335.51	351.30	635.06
281	457.76	331.24	384.39	358.21	335.50	351.28	635.14
283	457.76	331.22	384.36	358.24	335.50	351.28	635.16
287	457.72	331.23	384.27	358.22	335.49	351.25	-
288	457.72	331.23	384.28	358.19	335.46	351.29	-
290	457.72	331.18	384.13	-	335.23	-	-
296	457.72	331.20	384.16	358.05	335.24	351.24	-
298	457.70	331.19	384.19	358.07	335.20	351.23	-
302	-	-	384.27	358.05	335.22	351.22	-
305	457.74	331.15	384.20	358.04	335.20	351.22	-
308	457.83	331.15	384.18	358.04	335.20	351.22	-
311	457.83	331.19	384.22	358.04	335.19	351.22	-
317	457.83	331.19	384.22	358.04	335.20	351.22	-
324	457.86	331.17	384.18	358.07	335.21	351.21	-
326	457.85	331.17	384.18	358.07	335.21	351.21	-
329	457.84	331.17	384.18	358.07	335.21	351.21	-
333	457.90	331.19	384.17	358.07	335.22	351.23	-
354	457.91	331.12	-	-	-	-	-
360	457.95	331.14	-	-	-	-	-
365	457.94	331.12	-	-	-	-	-
378	457.93	331.13	-	-	-	-	-

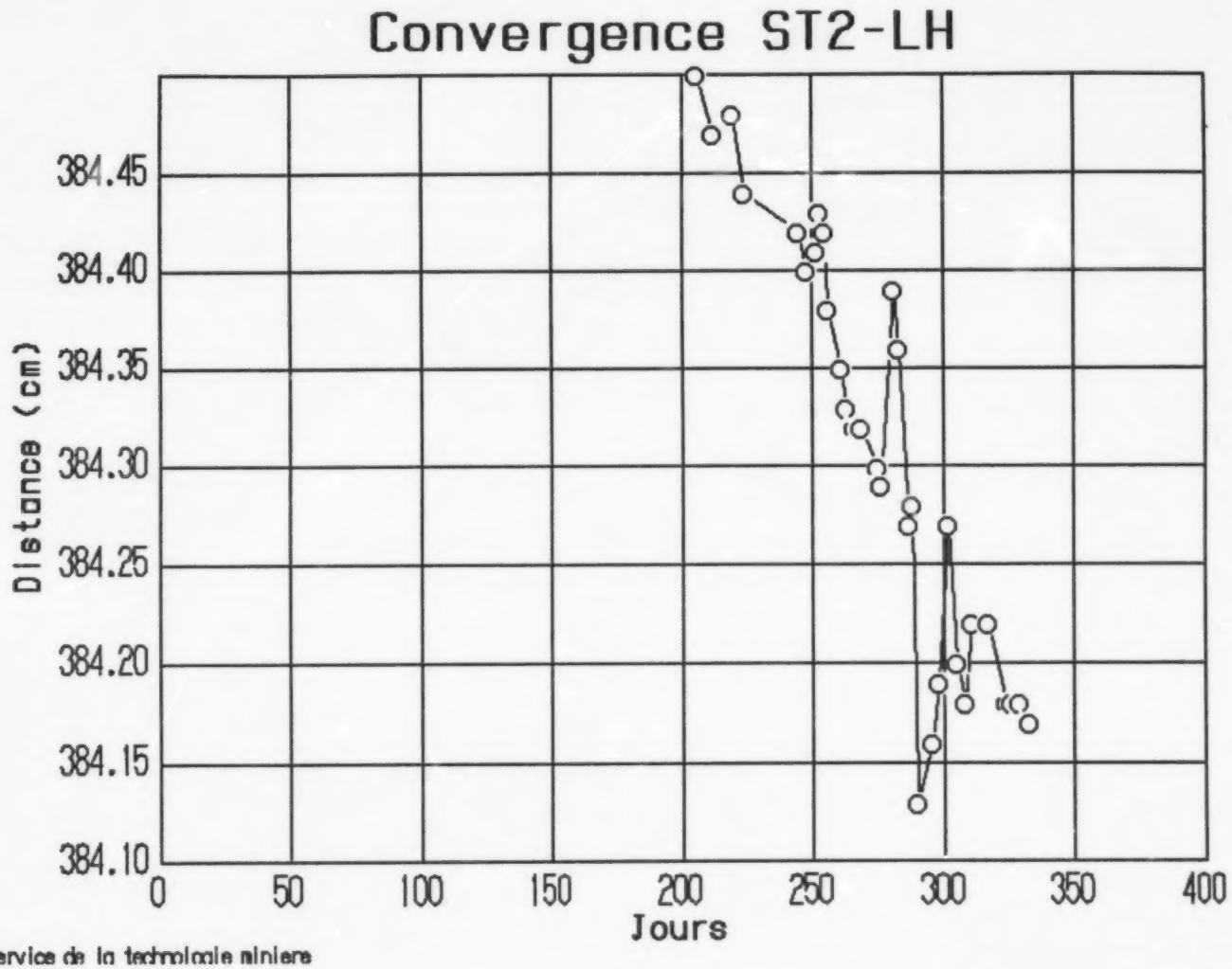
Jours	ST3-LVD	ST3-LVC	ST3-LVG
206	373.92	377.42	384.58
212	373.93	377.41	384.58
220	373.95	-	384.61
224	373.93	377.42	384.62
245	373.92	-	384.59
248	374.00	377.40	384.60
252	374.04	377.51	384.61
253	374.04	377.40	384.57
254	374.01	377.39	384.60
255	374.00	377.37	384.57
256	373.95	377.37	384.57
259	373.90	377.35	384.57
261	374.02	377.36	384.57
263	373.88	377.34	384.55
266	373.87	377.34	384.52
268	373.87	377.34	384.53
269	373.85	377.32	384.52
275	373.87	377.30	384.50
276	-	-	-
281	373.87	377.29	384.55
283	373.87	377.29	384.54
287	-	-	-
288	-	-	-
290	-	-	-
296	-	-	-
298	-	-	-
302	-	-	-
305	-	-	-
308	-	-	-
311	-	-	-
317	-	-	-
324	-	-	-
326	-	-	-
329	-	-	-
333	-	-	-
354	-	-	-
360	-	-	-
365	-	-	-
378	-	-	-



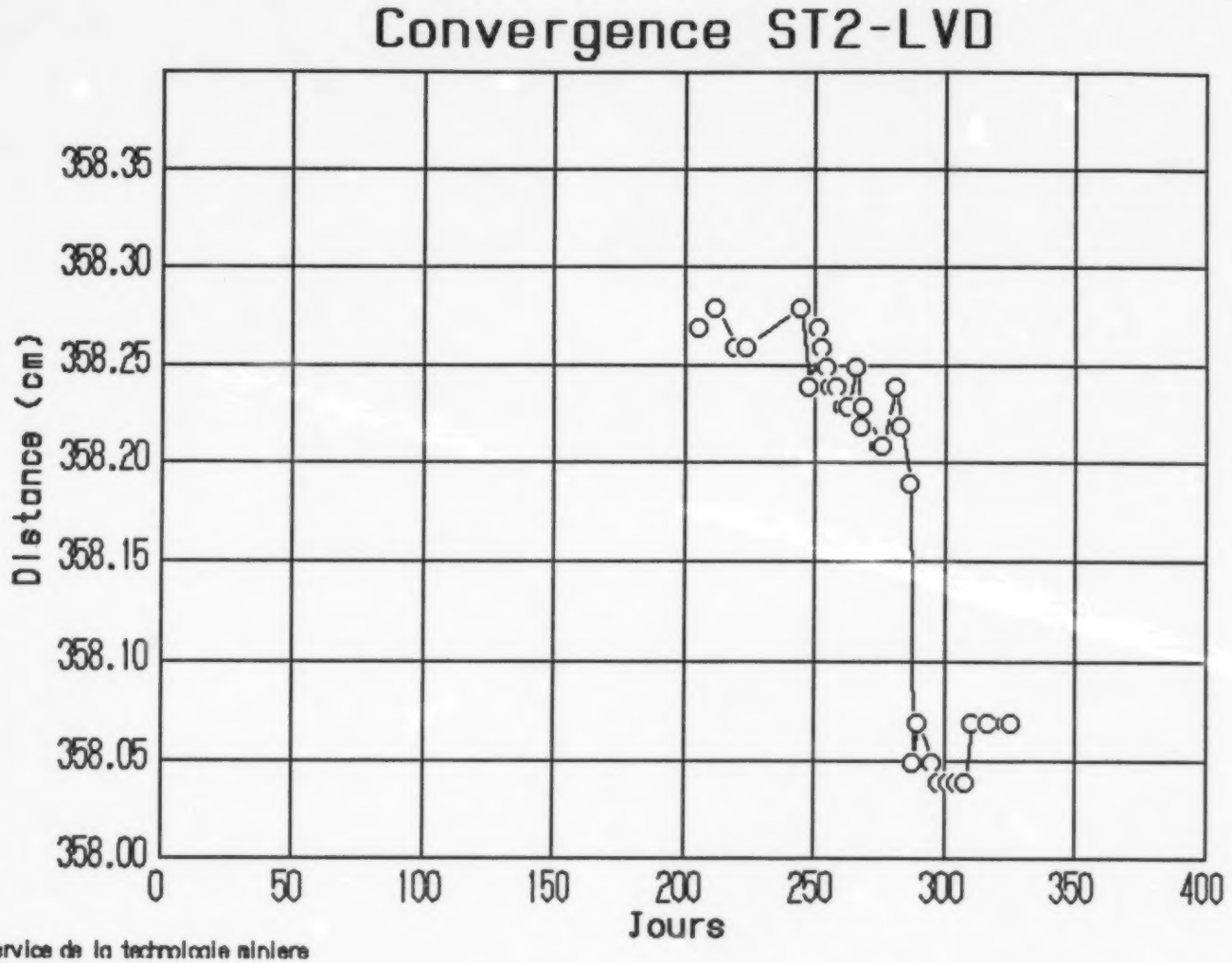
Service de la technologie minière



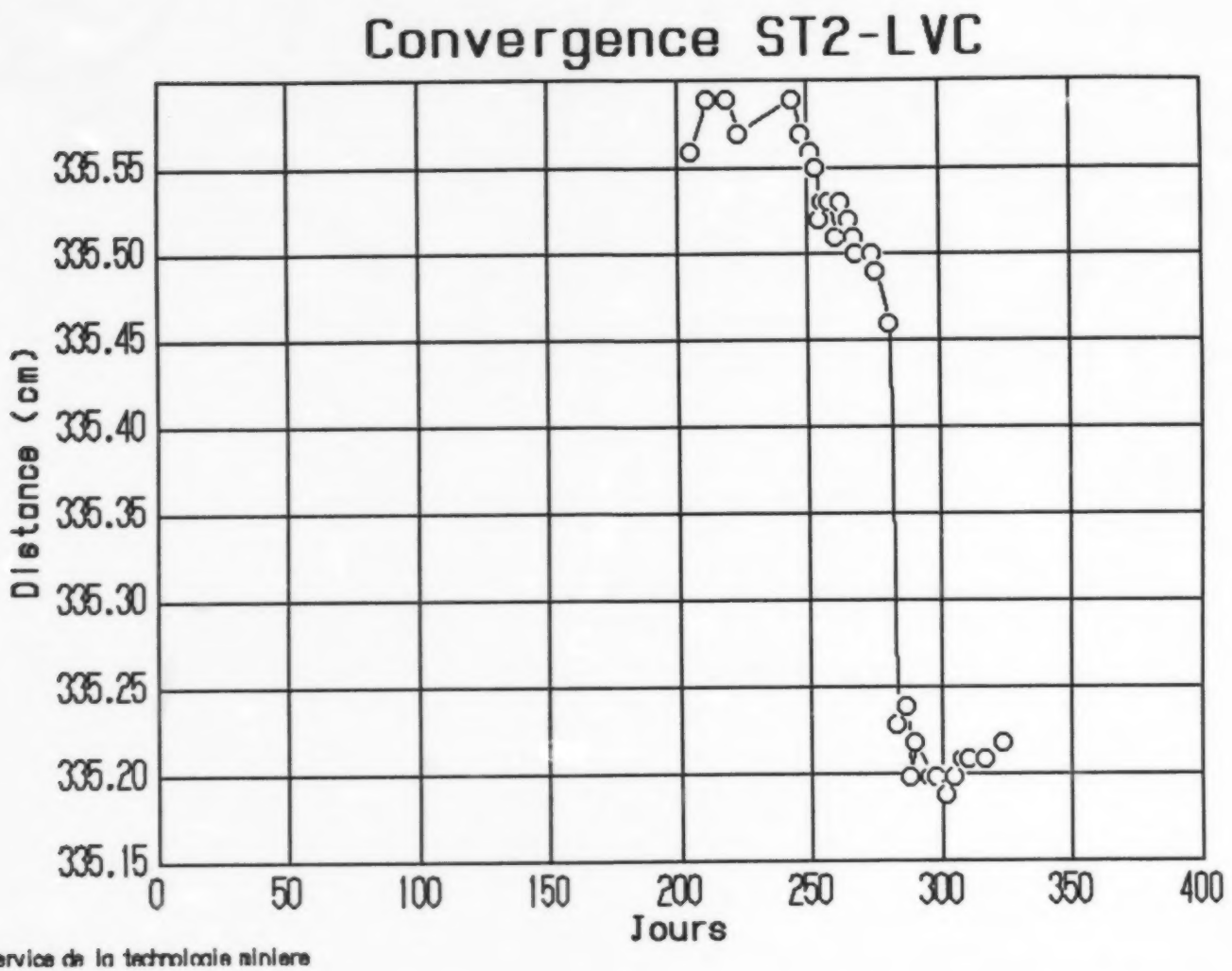
Service de la technologie minière

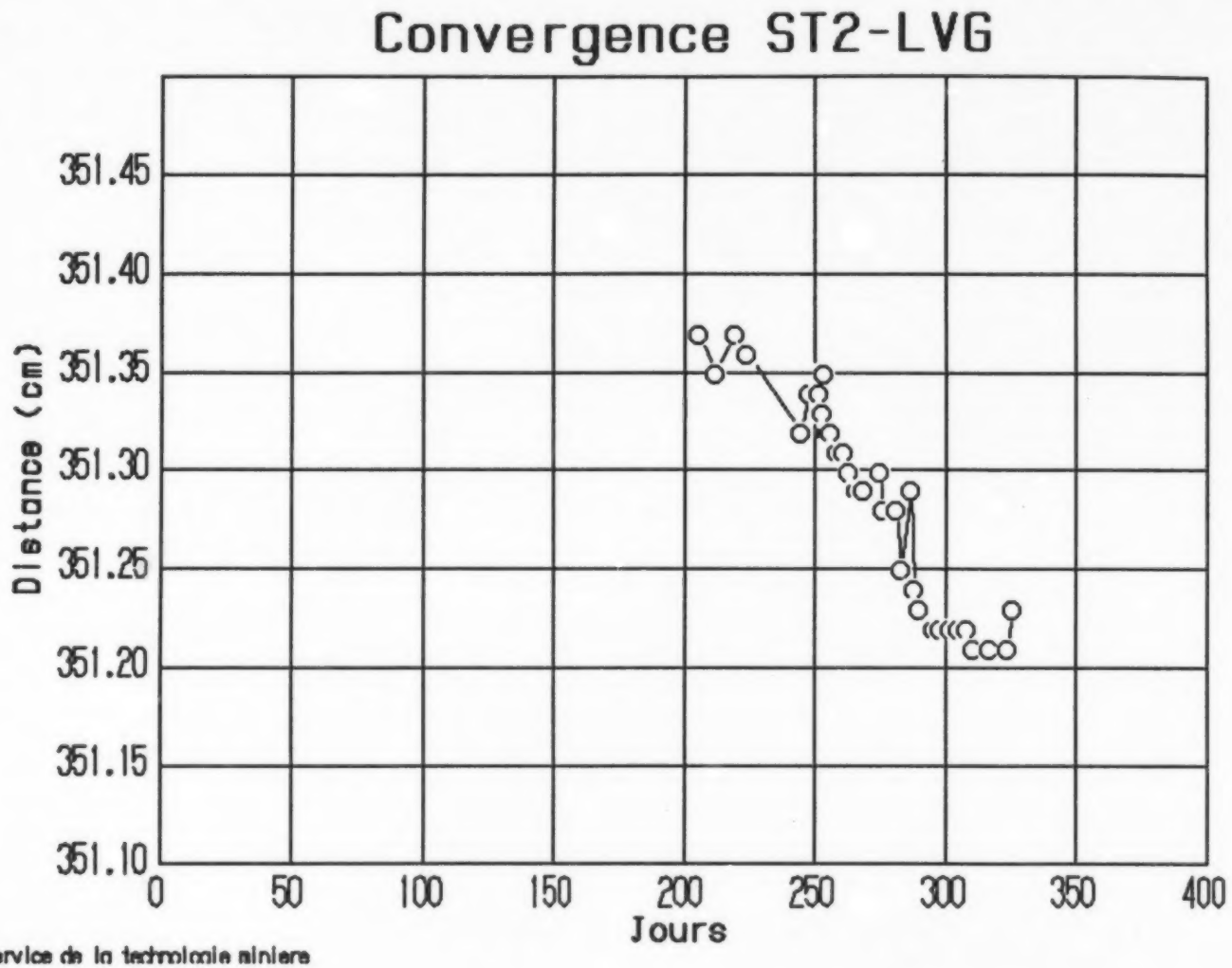


Service de la technologie minière

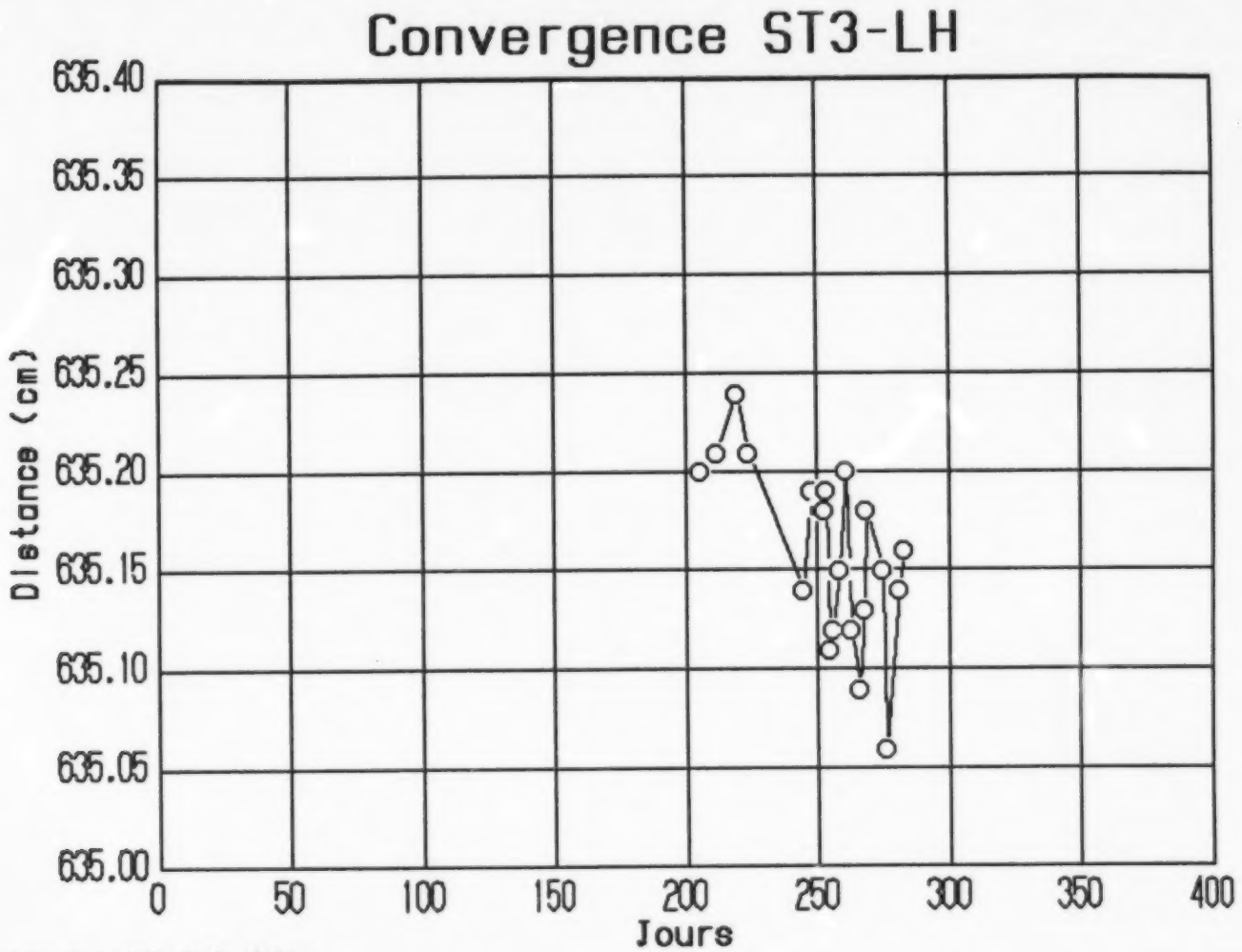


Service de la technologie minière

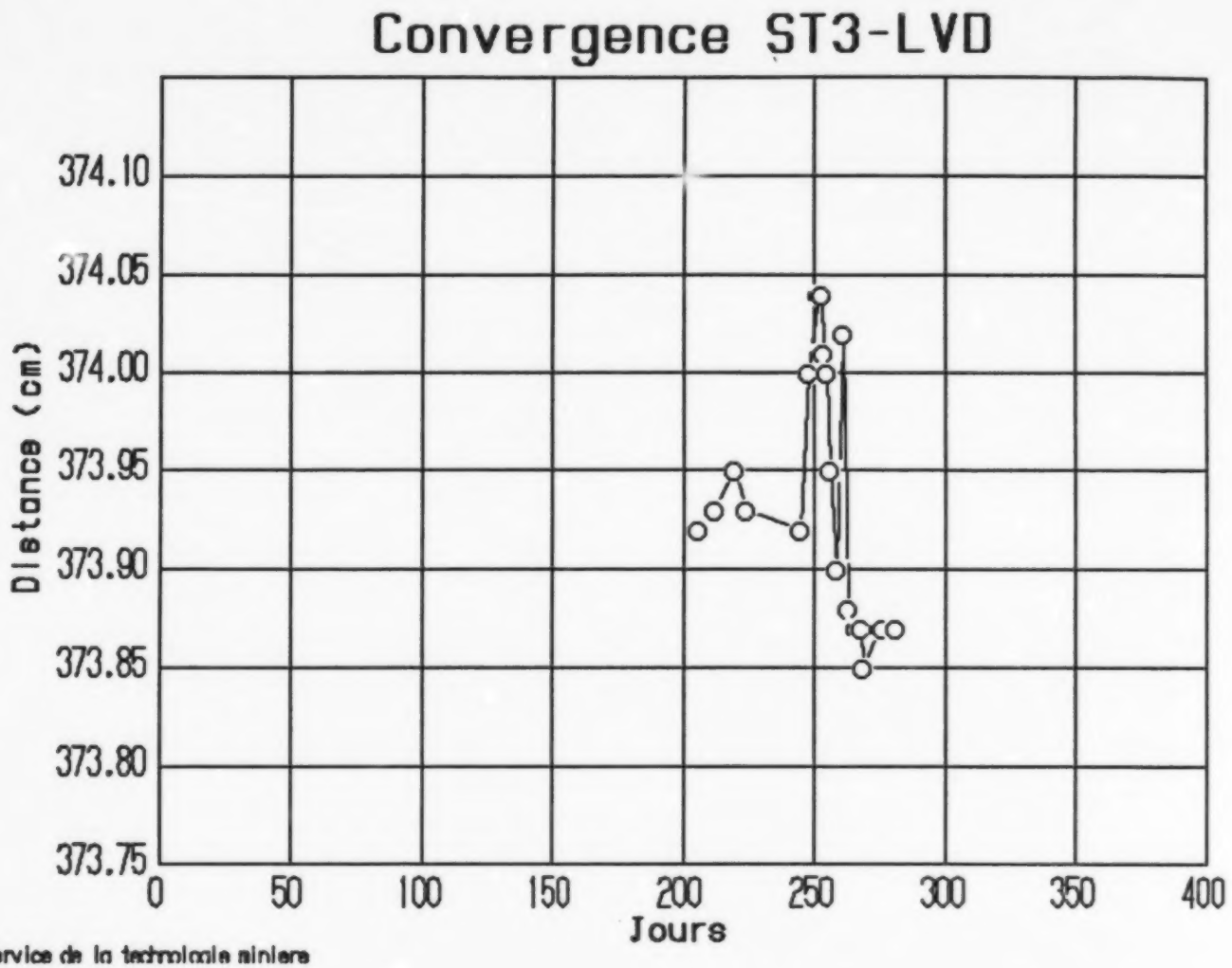

Convergence ST2-LVC
Distance (cm)
335.55
335.50
335.45
335.40
335.35
335.30
335.25
335.20
335.15
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Jours



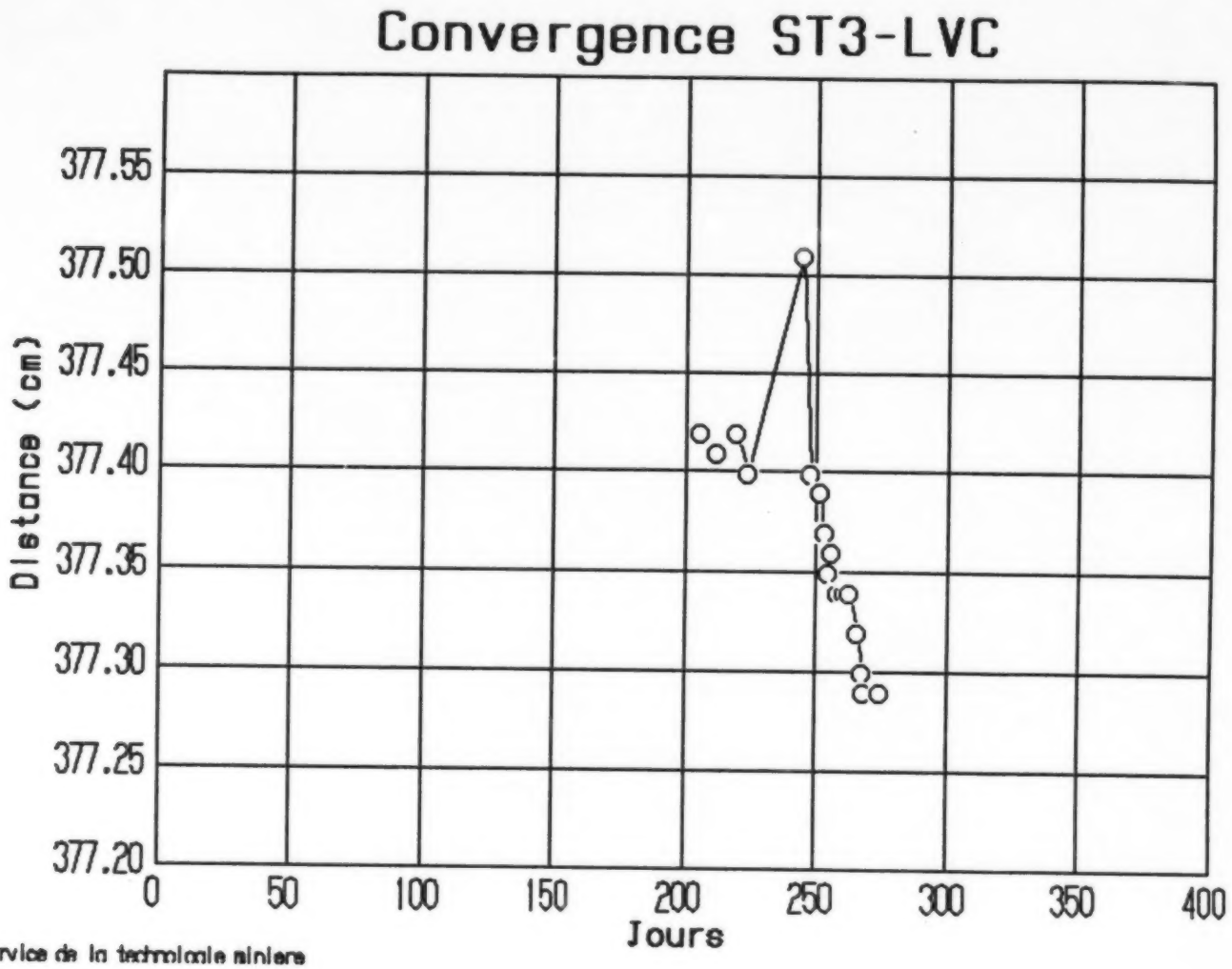
Service de la technologie minière



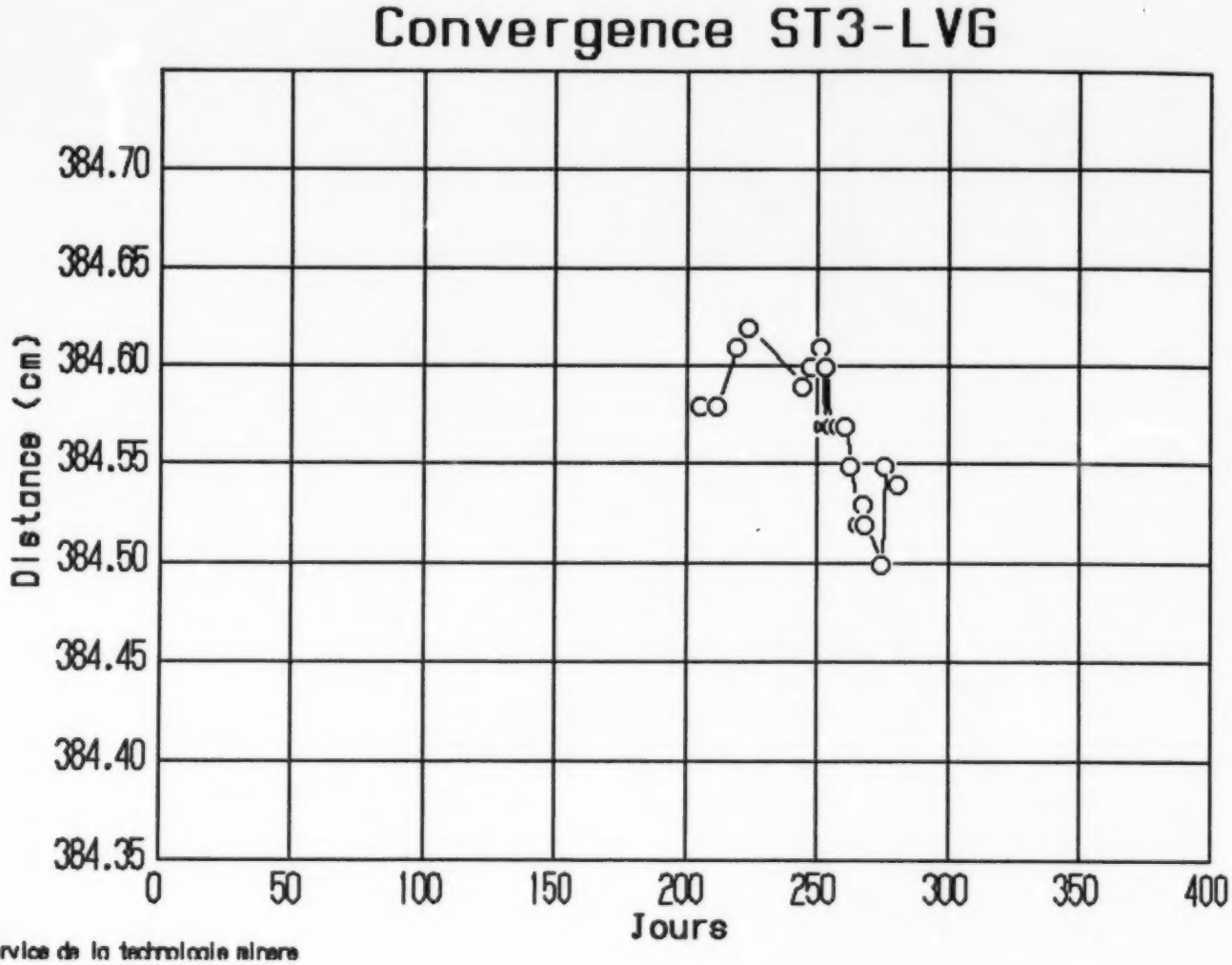
Service de la technologie minière



Service de la technologie minière



Service de la technologie minière



Service de la technologie minere